Université de Lausanne
Ecole des Hautes Etudes Commerciales

L'analyse de la rentabilité des investissements

Face à un avenir incertain

Thèse

présentée à l'école des Hautes Etudes Commerciales
de l'Université de Lausanne
pour obtenir le grade de Docteur ès sciences économiques
(mention gestion de l'entreprise)

par

JACQUES MARMIER

Herbert Lang Berne
Peter Lang Francfort/M.
1975

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546816_0056

Jacques Marmier

L'analyse de la rentabilité des investissements

Face à un avenir incertain

Université de Lausanne
Ecole des Hautes Etudes Commerciales

L'analyse de la rentabilité des investissements

Face à un avenir incertain

Thèse

présentée à l'école des Hautes Etudes Commerciales
de l'Université de Lausanne
pour obtenir le grade de Docteur ès sciences économiques
(mention gestion de l'entreprise)

par

JACQUES MARMIER

Herbert Lang Berne
Peter Lang Francfort/M.
1975

IMPRIMATUR

Le Conseil de l'Ecole des hautes études commerciales
de l'Université de Lausanne,
sans se prononcer sur les opinions de l'auteur,
autorise l'impression de la thèse de M. Jacques Marmier,
en vue de l'optention du grade de docteur en sciences économiques.

Sujet de la thèse:

«L'analyse
de la rentabilité des investissements
face à un avenir incertain»

Le directeur:

R. Grosjean

Impression d'après le manuscrit de l'auteur

©
Herbert Lang & Cie SA, Berne (Suisse)
Peter Lang S. A. R. L., Francfort/M. (RFA)
1975. Tous droits réservés.

Réimpression ou reproduction interdite par n'importe quel procédé,
notamment par microfilm, xérographie, microfiche, microcarte, offset, etc.

Impression: Lang Druck SA, Liebefeld/Berne (Suisse)

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

A Marianne
et Anne-Catherine

Remerciements

Le travail qui suit n'aurait pu être mené à chef sans le précieux concours de Monsieur Pierre GOETSCHIN, directeur de thèse. Qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude pour ses conseils, pour ses remarques et suggestions, ainsi que pour le temps qu'il a bien voulu consacrer à cette étude.

Mes remerciements vont également à Monsieur Blas F. LARA, professeur, dont l'enseignement et les conseils m'ont toujours été de la plus grande utilité.

Je tiens encore à remercier Monsieur Robert GROSJEAN, directeur de l'Ecole des Hautes Etudes Commerciales de Lausanne, pour son aimable concours tant lors de ce travail que tout au long de mes études.

Enfin je ne voudrais pas oublier toutes les secrétaires et bibliothécaires qui m'ont facilité la tâche lors de mes recherches.

INTRODUCTION

L'esprit d'entreprise est généralement considéré comme le moteur de l'entreprise. Dans le présent ouvrage, le lecteur est invité à examiner l'un des problèmes auquel l'entrepreneur est souvent confronté et pour lequel il doit prendre des décisions vitales : les investissements.

Avant de vouloir appréhender le problème que représente l'évaluation d'un investissement, il est nécessaire de bien fixer le but de l'étude et les moyens mis en oeuvre, puis de situer le problème sus-cité dans son contexte qu'est l'entreprise.

1. But de l'étude

Le choix d'un projet d'investissement, dans le secteur privé, est du ressort de l'entrepreneur. Dans les sociétés industrielles, il est généralement convenu d'appeler celui-ci responsable ou dirigeant. Ce personnage, le patron de la petite entreprise, porte souvent, dans les grandes sociétés, le titre de chef financier ou de directeur financier. Si, dans la petite entreprise, le patron n'est que rarement appelé à se prononcer sur le choix d'un investissement, le directeur financier, par contre, est souvent confronté à ce problème. Comme il n'a généralement ni le temps ni les moyens à disposition pour faire lui-même l'étude d'un plan d'investissement, il a recours à un service spécialement affecté à cette analyse. Dans ces conditions, le responsable s'attend à ce que ses subordonnés lui apportent un travail complet et précis, lui laissant le choix entre différentes alternatives.

Arrivé à ce stade, le responsable prend en compte les résultats de l'analyse et les compare avec une foule de considérations non quantifiables, telles que les buts de l'entreprise, les stratégies suivies, les espoirs de succès, les risques politiques et commerciaux (surtout s'il s'agit d'un nouveau produit) et enfin les buts secondaires visés.

Les éléments quantitatifs, sujet du deuxième chapitre, ne prêtent guère à discussion : ils sont soit acceptés, soit refusés. Comparativement, les éléments qualitatifs ne peuvent que difficilement être appréciés en termes mathématiques ou monétaires. Le but de cette étude est précisément de venir en aide au dirigeant et de lui offrir non seulement une analyse faisant ressortir un taux de rendement interne de 15% ou une période de recouvrement de 7 années, mais offrant une échelle de probabilité d'atteindre tel ou tel résultat.

La méthode utilisée, décrite pour la première fois dans la Harvard Business Review (1), vise l'incorporation de l'élément risque dans l'analyse d'un plan d'investissement. Les paragraphes suivants expliquent brièvement par quels moyens il est possible de saisir cet élément à première vue non quantifiable et quelles méthodes peuvent être utilisées à cette fin.

2. Les moyens utilisés

Qui dit risque dit multiplicité de possibilités. Si je dis qu'il risque de pleuvoir demain, c'est précisément que l'une des possibilité est qu'il pleuve, laissant sous-entendre qu'il pourrait aussi faire beau, que le temps pourrait être couvert ou que le vent souffle.

Dans le cas d'un investissement, il n'en va pas autrement. Prenons l'exemple du lancement d'un nouveau produit : le département du marketing, après de longues études, évaluera le volume de ventes du produit (pour un prix déterminé) à 300'000 unités par an, avec un accroissement de 10% l'an, mais à la condition que la publicité puisse être faite comme prévu. Si le directeur financier pose maintenant la question : pourquoi pas 270'000 ou 350'000 unités la première année? Les responsables du marketing ne pourront rien objecter. La raison en est simple. Le volume de ventes proposé est une appréciation humaine d'une situation concrète future, non le résultat d'une équation mathématique abstraite. Devant se fonder sur un chiffre, le directeur financier gardera 300'000, sachant qu'il s'agit d'une valeur hypothétique, car soumise à un certain risque.

Si nous nous penchons maintenant sur le 10% d'augmentation annuelle, nous comprenons que le risque n'en est que plus grand. En effet, à supposer que 300'000 soit le chiffre réel, rien ne permet de supposer, a priori, quelle sera la réaction de la concurrence. Si celle-ci décide de réagir et de lancer un produit voisin, il est évident que ce 10% de croissance pourrait se traduire par une baisse du volume de ventes. Enfin rien ne prouve aujourd'hui que la publicité pourra être faite comme prévu et que la clientèle y sera sensible.

En conséquence, au lieu de déterminer un chiffre unique de 300'000 unités, il serait de loin préférable de donner une fourchette de variations, avec trois estimations de valeurs : minimale, maximale et la plus probable.

De ce qui précède, nous pouvons déjà déduire le raisonnement suivant : pour tenir compte du risque, il est nécessaire d'envisager une pluralité de possibilités. Comme cet élément

risque se trouve lié non pas à une mais à plusieurs variables de base servant à l'analyse d'un projet d'investissement, nous sommes placés devant une multitude de cas possibles.

Afin de venir à bout de ces éventualités très nombreuses, deux instruments peuvent être appelés à jouer un grand rôle :

- l'ordinateur, qui met à la disposition de l'analyste la puissance et la rapidité de calcul offertes par l'électronique
- la simulation, moyen de calcul qui permet de tester un grand nombre de cas possibles.

Comme nous le verrons par la suite, la simulation sur ordinateur est l'une des aides les plus efficaces pour le responsable confronté à un avenir incertain.

3. Limites de l'étude

L'analyse des investissements est un domaine très vaste que ce travail ne prétend pas traiter entièrement.
Face à un avenir incertain, le dirigeant pourra hésiter entre une foule de solutions. Prenons le cas d'une société exploitant une chaîne de restaurants. Les dirigeants de la société désirent augmenter le nombre de restaurants qui, ces dernières années, sont très rentables. Comme les prévisions sont favorables pour les années à venir, la société est prête à réinvestir tous ses bénéfices. Supposons les conditions suivantes :

Chiffre d'affaires prévu	1'500	1'800	2'160	2'592	3'110
Bénéfice net prévu	225	270	324	389	467
Bénéfice cumulé	225	495	819	1'208	1'675

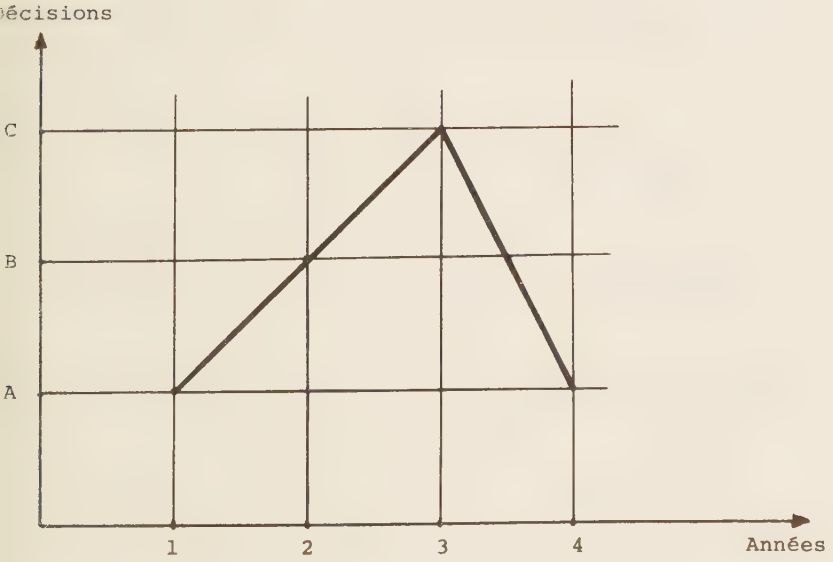
Coût de construction et d'installation d'un nouvel établissement : 1'200.

Dans ces conditions, l'entreprise pourra financer un nouvel établissement dès la quatrième année. Si les conditions sont moins favorables, le chef du Marketing estime que le chiffre d'affaires sera stationnaire et que le bénéfice net ne représentera que 10% du chiffre d'affaires. Dans ce cas, il faudra attendre la fin de la huitième année pour financer le nouvel établissement.
Dans une optique plus optimiste, la progression des ventes sera de 35% par année. Le délai nécessaire au financement du nouvel établissement sera donc beaucoup plus court.

D'autre part, le coût de ce nouvel établissement peut aussi varier, d'où de nouvelles solutions.

Cet exemple a pour but de faire ressortir l'analyse dynamique d'un plan d'investissement, grâce à un procédé d'évaluation qui tienne compte des décisions en fonction du temps.

La généralisation de ce procédé d'analyse peut être visualisé sur le schéma suivant :



Les niveaux A, B et C correspondent à des décisions (par exemple : A = ne pas investir à cette période. B = investir un petit montant. C = investir le plus possible). A chaque période, il faut décider par quel chemin passer pour joindre la période suivante. Cette décision peut être le résultat d'une longue analyse de tous les facteurs influants, eux-mêmes soumis à une certaine incertitude.
Dans le cas de notre exemple (voir schéma page précédente), en fonction des prévisions, la stratégie proposée sera de ne pas investir la première année, d'investir modérément l'année suivante, d'investir le plus possible la troisième année, puis de ne plus investir du tout la dernière année (trait plein sur le schéma).

Dans le cadre de ce travail, nous ne traiterons pas le problème de la décision au cours du temps. Nous supposerons connus et déterminés les montants de chaque investissement, ainsi que leur échéance. Cependant, et c'est le cas dans la pratique, il est toujours possible de modifier un élément du plan d'investissement et de reconduire l'analyse.

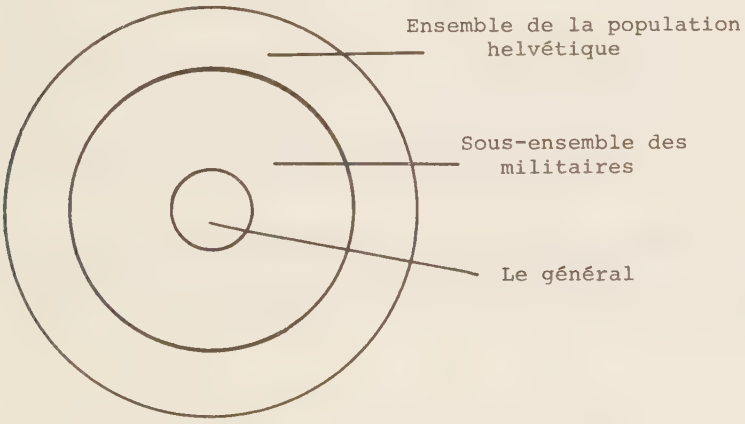
CHAPITRE I

DE L'ENVIRONNEMENT AU SOUS-SYSTEME DES INVESTISSEMENTS

1. La notion de système

Les mathématiques modernes utilisent, entre autre, la notion d'ensemble. Sans vouloir en donner ici la définition, disons simplement qu'un ensemble peut être constitué de sous-ensembles, eux-mêmes composés d'une collection d'éléments (physiques ou mathématiques) jouissant au moins d'un attribut commun. L'ensemble des nombres entiers, par exemple, contient le sous-ensemble des nombres pairs. L'attribut commun, dans ce cas, est le reste nul après une division par deux.

Prenons un cas plus particulier : la population suisse, en 1940, formait un ensemble, l'attribut commun étant la nationalité helvétique. A l'intérieur de cet ensemble, nous pouvons distinguer le sous-ensemble des militaires et, de ce sous-ensemble nous pouvons isoler un élément, le général Guisan (voir figure).



Cette représentation, purement statique, ne fait pas comprendre les relations existantes entre l'élément et le sous-ensemble ou l'ensemble. Pourtant c'est bien la population helvétique qui a engendré l'armée, par des votations, par l'élection des représentants chargés d'édifier la défense de la nation ainsi que par tout le jeu des interrelations entre le peuple et l'armée. De même, le général appartient à l'armée qu'il commande et dont, en même temps, il dépend. Il appartient également à l'ensemble du peuple suisse et vit au travers de relations étroites avec lui. Dans la notion d'ensemble, les relations entre l'élément et le sous-ensemble ou l'ensemble apparaissent abstraitement, en sous-entendu.

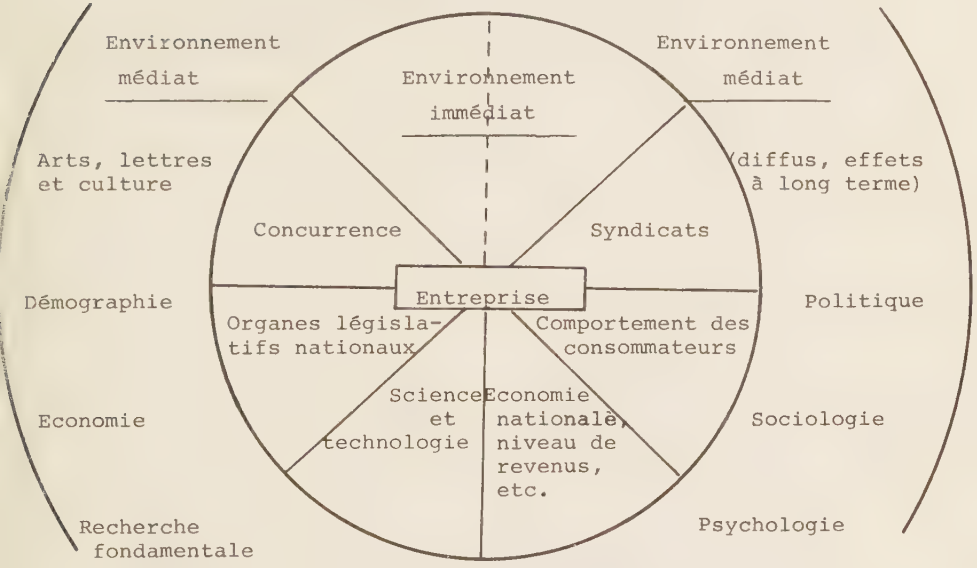
De ces considérations, nous pouvons tirer les deux conclusions suivantes : d'abord que la représentation d'une situation peut aisément s'exprimer au moyen de la notion d'ensemble et de sous-ensemble, ensuite que cette représentation ne permet pas de comprendre le fonctionnement et les relations liant l'élément au sous-ensemble et à l'ensemble.

Le même problème se pose dans le domaine de la gestion. Afin de situer l'entreprise dans son environnement, les économistes modernes usent de la notion de système. Cleland et King (2) définissent le système comme "un tout complexe ou organisé; un assemblage ou une combinaison de choses ou de parties formant un tout complexe ou unitaire". Il convient d'ajouter à cette définition la notion d'objectifs, un système étant constitué en vue d'atteindre certains buts. Nous voyons donc une certaine analogie entre les notions d'ensemble et de système, le système ayant cependant une organisation et des buts.

Nous allons maintenant utiliser le concept de système pour décrire l'entreprise et ses parties constitutives.

2. L'entreprise et son environnement

L'entreprise peut être considérée comme un système opérant dans un super-système : l'environnement.



Le système entreprise est représenté par un disque. L'environnement -le super-système- est un tout englobant le système, mais plus diffus, moins tangible. L'environnement se décompose en environnement immédiat et environnement médiat.

L'environnement immédiat est le plus proche de l'entreprise et agit d'une manière plus précise et à plus court terme. L'environnement médiat, encore plus diffus, agit à plus long terme, et de manière moins perceptible.

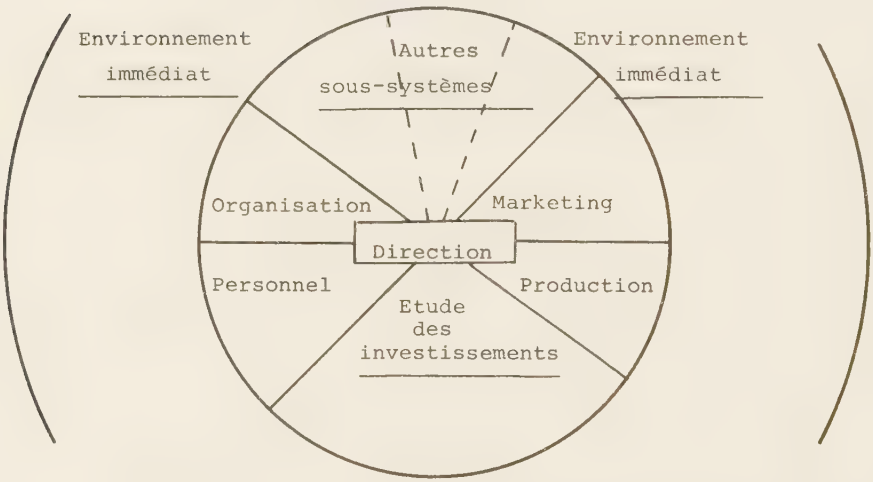
L'environnement immédiat se compose d'une quantité de sous-systèmes tels le secteur public, le marché, les autres entreprises, concurrentes ou non, les syndicats, les centres de

recherche. Chacun de ces systèmes est influencé par l'environnement médiat, le plus global et le plus diffus.

L'action qu'exerce l'environnement sur l'entreprise se fait au travers de "variables exogènes". Ainsi en est-il, par exemple, des implications légales sur les conditions de travail des employés.

Après avoir situé l'entreprise dans son environnement, passons à l'analyse de notre système entreprise.

3. Le système entreprise



Considérée comme un tout, l'entreprise est un système répondant à la définition. Elle forme une unité, constituée de parties liées entre elles dans un même but : la bonne marche des affaires. Quels sont les causes, les buts, les moyens et le fonctionnement de ce système ?

Les causes

D'ordinaire, une entreprise commerciale est basée sur la notion de profit. Une ou plusieurs personnes, physiques ou morales, avancent une certaine somme d'argent en vue de la faire fructifier par la mise en oeuvre d'une entreprise. En d'autres termes, les initiateurs sont des entrepreneurs qui misent sur la création et l'exploitation de l'entreprise. Pour être viable, celle-ci doit produire des biens ou des services lui apportant de l'argent, lui-même utilisé à payer les moyens nécessaires à l'exploitation et à rémunérer les propriétaires. Les causes sont donc relativement simples, mais ne correspondent pas toujours aux buts.

Les buts

Le premier but ressort de ses causes : il s'agit, pour la direction, de rétribuer au mieux les propriétaires, sous quelque forme que ce soit (dividendes, actions gratuites, augmentation de la valeur des actions, ou autre prestations). En fait, les buts des grandes sociétés ont sensiblement changé au cours des dernières années et l'on trouve déjà, posés sur le papier, des buts tels que le progrès technique, la croissance de la société, les possibilités d'avancement et de carrière des employés ou leur simple bien-être. Le thème devient celui de la responsabilité sociale des entreprises.

A côté de ces buts déclarés, il convient de ne pas ignorer tous les autres, passés sous silence. Il peut s'agir d'une volonté de pouvoir de la direction, d'un désir de revenu maximum de la part des cadres ou l'aspiration à une situation de monopole sur un marché donné.

Les moyens et le fonctionnement

La figure explique les moyens mis en oeuvre pour atteindre les buts fixés. Un organigramme conventionnel rend encore mieux compte des relations fonctionnelles au sein de l'entreprise, organigramme articulé comme le système nerveux de n'importe quel animal évolué : une tête (la direction) donnant des ordres et recevant des renseignements d'une quantité de membres (les départements ou services), ceux-ci étant en contact plus ou moins direct avec le monde extérieur (l'environnement). Les départements ou services effectuent tous les travaux que la direction serait inapte à accomplir elle-même, mais qu'elle seule est apte à coordonner et diriger. Relevons que les départements ou services forment tous des sous-systèmes, dépendants les uns des autres et, ensemble, de la direction. Ces sous-systèmes ont pourtant une certaine unité, comme nous le verrons par la suite.

A ce stade, il est intéressant de rechercher quelles sont les "variables endogènes" au système entreprise, c'est-à-dire les variables agissant à l'intérieur du système seulement, et quelles sont les "variables exogènes", influancant de l'extérieur.

Les variables exogènes agissent à partir de l'environnement. Signalons les plus importantes : les lois nationales, la concurrence, la demande du marché, la disponibilité en matières premières, le marché du travail, l'inflation, la politique économique du pays, sa diplomatie, l'action syndicale, etc.

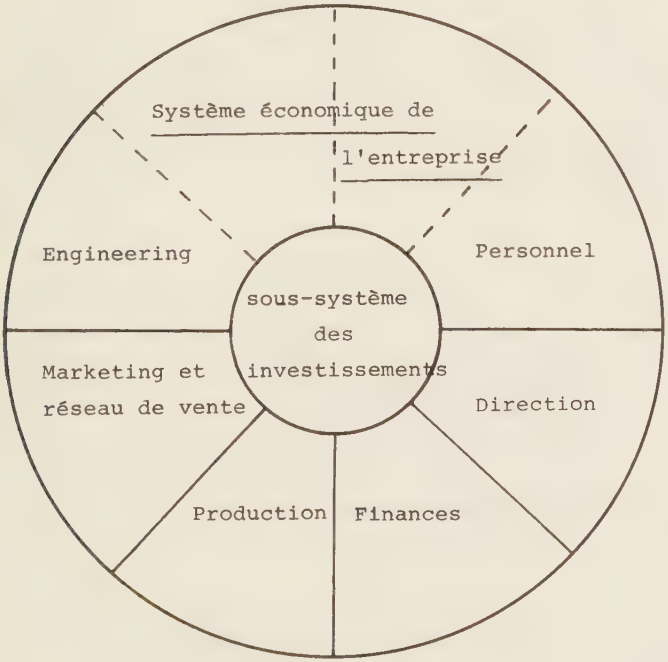
Les variables endogènes sont diverses et nombreuses. D'une part, nous observons la direction, organe responsable, travaillant à ses fins au moyens de plusieurs sous-systèmes (d'autorité, de motivation, de récompense, d'information, etc.). D'autre part, nous observons le flux de l'information,

réseau dense et complexe, lié à la fois à l'intérieur (tous les sous-systèmes) et à l'extérieur (l'environnement). Enfin circulent des flux de biens, de services et, finalement, d'argent.

Ayant passé sous revue le super système (l'environnement) puis le système (l'entreprise), nous pouvons maintenant nous pencher sur le sous-système qui nous intéresse, celui des investissements.

4. Le sous-système des investissements

Dans l'optique du concept de système, nous pouvons représenter la fonction "étude des investissements" par la figure suivante :

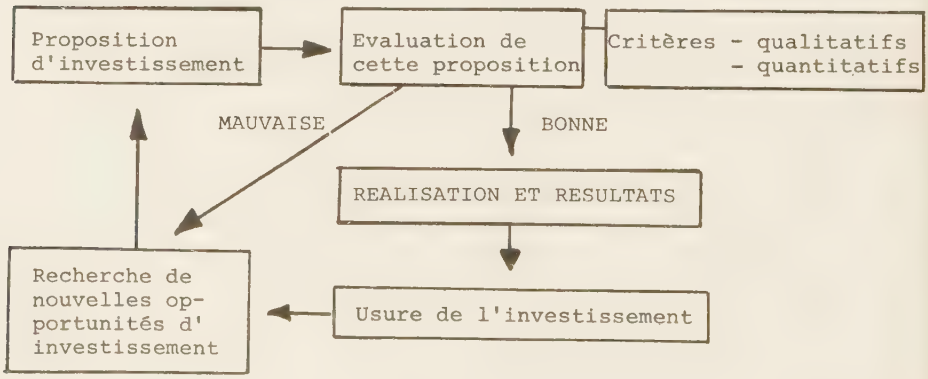


Il arrive fréquemment que l'unité d'étude des investissements se trouve organiquement rattachée au département des finances. Cette place dans l'entreprise peut paraître judicieuse, quand bien même ce sous-système est relativement indépendant des autres services financiers.

Les variables exogènes sont nombreuses. Il s'agit d'abord d'idées que la direction veut faire étudier et d'une foule de renseignements provenant de tous les autres sous-systèmes de l'entreprise, ainsi que d'autres systèmes. Parmi ces sous-systèmes, citons celui du Marketing, responsable, entre autre, des prévisions de ventes, celui des finances pour le prix de revient et les disponibilités en capitaux, celui de la production ou de l'organisation.D'autres systèmes peuvent exercer une influence au travers de variables exogènes , tels les organes exécutifs nationaux (mesures conjoncturelles, législation) ou les syndicats.

Les variables endogènes vont être traitées dans le chapitre suivant. Il s'agit d'un flux d'information et de traitement de cette information avant qu'elle ne retourne soit au département des finances, soit à la direction.

Il est utile de bien cerner la notion de dynamique des investissements, objet de la figure suivante.



L'investissement, qu'il est possible de définir comme le renoncement temporaire d'un avantage présent (l'argent liquide) dans l'espoir d'un avantage supérieur dans l'avenir, doit être fait à un moment bien défini, généralement par une mise de fonds. L'investissement est donc indissociable du facteur temps. Le revenu d'un investissement est, entre autres choses, la recompense reçue pour le renoncement temporaire à une jouissance. L'utilisation de l'argent peut être très diverse, qu'il s'agisse de renouveler une machine usée ou désuète (usure technique), de lancer un produit nouveau, de financer un plan de recherche à quelque niveau que ce soit, ou même d'augmenter le traitement des employés en leur offrant une participation aux bénéfices. En principe, cette mise de fonds devrait produire des revenus supplémentaires : la nouvelle machine est plus rentable que l'ancienne, le nouveau produit apporte une plus grande marge bénéficiare, le personnel travaille d' une manière plus efficace. Mais, en produisant des revenus supplémentaires, l'investissement s'use : il perd chaque jour de sa valeur ou de son efficacité, jusqu'au moment où l'entreprise le considère comme insuffisamment rentable. A ce stade, il est nécessaire de pouvoir procéder à un nouvel investissement, ce qui suppose qu'un projet nouveau est déjà prévu.

En résumé, on peut comparer la dynamique des investissements au métabolisme humain. Une fois l'air inspiré (c'est l'investissement), le poumon transmet l'oxygène au sang. Celui-ci alimente les cellules qui fournissent un certain travail (les revenus), jusqu'au moment où l'oxygène, épuisé, usé, doit être renouvelé. A ce stade, le cerveau (la direction) a déjà prévu l'inspiration suivante et transmet l'ordre d'exécution.

Ayant parcouru toute l'échelle, de l'environnement médiat à la dynamique des investissements, nous allons, dans les chapitres suivants, disséquer et analyser l'évaluation d'une proposition d'investissement.

CHAPITRE II

LES INDICATEURS DE LA RENTABILITE DES INVESTISSEMENTS

P. CONSO (4) qualifie la décision d'investir de grave et souvent irréversible. Pour cet auteur, l'analyse économique offre maintenant des moyens rationnels de décision. Si la première affirmation semble évidente, la seconde est souvent mise en doute, comme le présent chapitre va le démontrer. Si perfectionnés que soient les moyens actuels d'investigation, ils ne donnent jamais entière satisfaction au responsable, et même si c'était le cas, les éléments estimés de l'avenir n'élimineraient pas le risque, objet de préoccupation dans tout projet d'investissement.

Parmi les nombreux indicateurs de rentabilité des investissements, il convient d'étudier les plus usités, en nombre restreint, plutôt que de vouloir décrire tout ce qui existe, au risque d'être trop touffu.

Définitions

Les termes de"Cash Flow", de"Flux de Fonds" et, occasionnellement de "Revenus", seront constamment utilisés dans les chapitres suivants. Ces termes, dans cette étude, sont rigoureusement synonymes. Le flux de fonds net, dans un projet d'investissement, correspond au montant d'argent liquide encaissé diminué du montant d'argent liquide déboursé au cours de la même période. Le lecteur rencontrera par la suite des désignations de rubriques telles que encaissement (Cash Inflow) et déboursement (Cash Outflow), dont la différence donne le flux de fonds net (Net Cash Flow).

Pratiquement, pour les problèmes qui nous intéressent, nous supposerons que toutes les charges et tous les produits d'exploitation ont une incidence immédiate sur la caisse. En conséquence, le flux de fonds net est déterminé par l'addition au bénéfice net (ou à la perte nette) des dotations aux amortissements, année après année.

Les trois indicateurs de rentabilité analysés sont :
- le taux de rendement interne
- la période de recouvrement
- la valeur actualisée nette

1. Le taux de rendement interne

Le taux de rendement interne peut être défini comme le taux d'escompte nécessaire pour que la somme des encaissements actualisés soit égale à la somme des déboursements actualisés.

Pour toute détermination du taux de rendement interne, il est nécessaire de fixer une limite temporelle de calculs, un horizon économique. Celui-ci doit correspondre à la durée de vie de l'objet investi (s'il s'agit d'une machine, par exemple), ou plus généralement à la durée prévisible d'effet sur les bénéfices. Notons qu'un horizon économique supérieur à une vingtaine d'année n'a plus guère de sens, du fait de l'actualisation. La valeur actualisée de fr 1.- au taux de 10%, encaissable dans 15 ans, n'est que de 24 centimes aujourd'hui.

Soit l'horizon économique fixé à N périodes.
Les Ri sont les entrées de fonds (encaissements) de chaque période i, les Ii sont les sorties de fonds (déboursements) des mêmes périodes i.

Le taux de rendement interne r est déterminé, selon la définition, par la formule :

$$\sum_{i=1}^{N} Ii \left(\frac{1}{1+r}\right)^{i} = \sum_{i=1}^{N} Ri \left(\frac{1}{1+r}\right)^{i}$$

Cette méthode de calcul comporte un inconvénient, celui de ne permettre aucune détermination simple de r. Le seul moyen disponible est le tâtonnement, par recherche et interpolation dans une table d'actualisation.

La définition du taux de rendement interne présuppose une condition, celle que les flux de fonds nets positifs pourront être réinvestis au taux r, de même que les flux de fonds nets négatifs sont escomptés à ce taux. Cette condition, facilement admise en théorie, suscite souvent la critique dans la pratique. La condition serait vérifiées si le taux de rentabilité de l'entreprise sur la longue période était voisin de ce taux r, ou si les deux conditions suivantes étaient vérifiées :

- le coût du capital est égal à r
- les soldes positifs sont réinvestis au taux r, soit par le biais de placements, soit pour d'autres investissements.

Le taux r ne tient donc pas compte des réinvestissements. D'autre part, il ne donne aucune idée quant au volume de fonds à investir (*). Si le taux de rendement interne est donné comme unique renseignement, il est donc insuffisant.

* Le volume de fonds à investir peut être défini comme la somme des sorties de fonds, sans actualisation. Un autre critère pourrait être retenu, celui du déboursement maximum au cours du temps.

La compréhension de ce taux est relativement aisée et son interprétation, sous réserve de la condition pré-citée, ne pose guère de problème. De ce point de vue, on peut dire qu'il est bien défini et cela d'autant plus qu'on peut le comparer au taux de rentabilité des capitaux investis dans l'entreprise.

Cependant, il est à remarquer que cet indicateur ne donne pas d'information quant à la période de recouvrement des fonds investis. Prenons l'exemple suivant :

Projet	Investissement année initiale	Revenus année 1	Revenus année 2	Revenus année 3
A	6'000	4'400	1'210	1'331
B	6'000	1'100	1'210	5'324

Le taux de rendement interne des projets A et B est identique, soit 10%. Or, de ces deux investissements, le responsable préférera certainement le projet A, comme nous le verrons par la suite.

L'élément risque, enfin, ne peut pas être incorporé dans ce genre de calculs. Si nous considérons un taux de rendement de 10% ou de 20%, le facteur d'escompte V = 1/(1 + taux) vaut :

Année	Facteur V si taux = 10%	Facteur V si taux = 20%
1	0.909	0.833
2	0.826	0.694
3	0.751	0.579
4	0.683	0.482
5	0.621	0.401
6	0.564	0.335
7	0.513	0.279
8	0.466	0.232
9	0.424	0.194
10	0.385	0.161
15	0.239	0.065

Si le revenu est estimé à 1'000.- à la quinzième année, il ne vaut aujourd'hui que 239.-, escompté à 10%, ou 65.-, escompté à 20%. Cet effet de l'actualisation des flux de fonds à venir n'incorpore que l'élément d'éloignement temporel, mais en aucune manière le risque de l'investissement.

2. La période de recouvrement

BIRMAN & SMIDT (5) définissent la période de recouvrement (ou temps de récupération) comme la durée au bout de laquelle le flux de fonds net procuré par un investissement devient égal à la dépense initialement engagée.

Mathématiquement, si I est le montant de l'investissement initial, et que les revenus des N périodes sont les Ri, on peut définir la période de recouvrement par N* et poser :

$$I = \sum_{i=1}^{N^*} Ri$$

Une première remarque s'impose : l'investissement est souvent fractionné sur plusieurs périodes et non uniquement concentré sur la première. Dans ce cas, il convient de totaliser les Ii investissements pour i allant de 1 à N*, d'où la nouvelle formule :

$$\sum_{i=1}^{N^*} Ii = \sum_{i=1}^{N^*} Ri$$

Un cas particulier doit être considéré avec soin. Supposons les conditions suivantes :

Périodes :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Déboursements	1000	-	-	-	-	500	-	-	-	-
Encaissements	150	200	200	250	250	200	200	100	200	200
Flux de fonds net cumulé	-850	-650	-450	-200	+50	-250	-50	+50	+250	+450

L'investissement total est de 1'500, les revenus totaux de 1'950. La période de recouvrement est donc inférieure à 10 ans. Quelle est la valeur de N*? A la période 5, l'investissement (1'000) est inférieur à la somme des revenus. Le même cas se présente à la période 8 avec un investissement maintenant de 1'500. Une représentation graphique permet de visualiser cette situation.

Du point de vue sécurité, on peut admettre que cet investissement est relativement bon, puisque le capital initial investi peut être récupéré au bout de cinq ans déjà. A ce moment, si les conditions sont favorables, la seconde mise de fonds pourra être engagée et rapportera un revenu plus élevé (450 au lieu de 50 à la période 5). Ce raisonnement conduit à séparer les deux investissements, ce qui n'est pas toujours possible. Ainsi en est-il, par exemple, des augmentations de capitaux circulants, nécessitant une petite mise de fonds à chaque période.

En règle générale cependant, on doit considérer un investissement comme indivisible, ce qui revient à ne calculer la période de recouvrement que pour la somme des investissements et des revenus. Si N est l'horizon économique et N** la période de recouvrement, on peut poser :

$$\sum_{i=1}^{N} Ii = \sum_{i=1}^{N**} Ri$$

Le critère de volume de fonds à investir ressort clairement de ce mode de calcul. De même, cette manière de procéder ne pose pas de problème mathématique de résolution.

L'interprétation est claire, mais elle ne donne pas d'estimation de la rentabilité à proprement parler. Sur ce point, cette méthode est fortement critiquable et fait ressortir la nécessité de l'utiliser en conjonction avec un autre indicateur.

L'élément risque, quant à lui, n'est pas pris en considération. Chaque flux de fonds est additionné au précédent, sans tenir compte de sa probabilité d'occurence. Pour parer à cet inconvénient, on peut actualiser les flux de fonds nets à un taux déterminé d'avance. Soit t ce taux. Nous pouvons calculer la nouvelle période de recouvrement N*** au moyen de la formule :

$$\sum_{i=1}^{N} Ii \left(\frac{1}{1+t}\right)^{i} = \sum_{i=1}^{N***} Ri \left(\frac{1}{1+t}\right)^{i}$$

L'utilisation de l'actualisation pose une nouvelle question : quelle doit être la valeur du taux t? Ce cas sera traité lors de l'examen de l'indicateur suivant, la valeur actualisée nette.

La période de recouvrement, enfin, ne permet guère de comparaison. Elle permet tout au plus de dégager une rentabilité r' sur les N* premières années, donnée par la formule :

$$r' = \frac{1}{N^*} \times 100$$

Si la période de recouvrement est de cinq ans, alors r' = 20%. Cette valeur n'apporte aucun renseignement complémentaire et risque même d'induire en erreur (le facteur temps est éliminé, de même que la répartition des flux de fonds nets dans le temps).

Enfin relevons une dernière faille de cette méthode, au moyen de l'exemple suivant :

Période	1	2	3	4	5	6	7
Investissement	1000	-	-	-	-	-	-
Revenus A	100	200	300	400	100	-	-
Revenus B	-	200	300	500	600	700	700

Pour un même investissement (1000), les revenus du projet A et du projet B font ressortir une même période de recouvrement (4 années). Or ces deux projets ne sont pas du tout comparables. Pour le projet A, la somme des revenus vaut 1100, tandis qu'elle vaut 3000 pour le projet B. En d'autres termes, cette méthode de calcul ignore entièrement ce qui se passe après le temps nécessaire à la récupération de la dépense engagée.

3. La valeur actualisée nette

Cet indicateur de rentabilité est la valeur obtenue en soustrayant les investissements actualisés au taux t des revenus actualisés au même taux. En utilisant la même terminologie que précédemment, nous obtenons la valeur actualisée nette V au taux choisi t, au moyen de la formule :

$$V = \sum_{i=1}^{N} Ri \left(\frac{1}{1+t}\right)^i - \sum_{i=1}^{N} Ii \left(\frac{1}{1+t}\right)^i$$

Si les différences annuelles Di égalent les différences respectives des Ii (investissements) et des Ri (revenus), nous obtenons :

$$V = \sum_{i=1}^{N} Di \left(\frac{1}{1+t}\right)^i$$

Cette méthode donne une bonne notion de la plus-value actualisée en début de période. Une variante de cet indicateur est le calcul de la valeur actualisée nette en fin de période, soit au terme de la durée envisagée. La valeur nette (non actualisée) est moins souhaitable, puisqu'elle ne tient pas compte du facteur temps.

Le volume de fonds à investir ne ressort pas de cette méthode, objection déjà faite pour le taux de rendement interne.

La rentabilité peut être estimée en divisant la valeur actualisée nette par la mise de fonds. Cette rentabilité r'' est donc définie par la formule :

$$r'' = \frac{V}{\sum_{i=1}^{N} Ii}$$

Cet indicateur est délicat à interprêter puisque l'actualisation est déjà effectuée. En outre, il ne s'agirait là que d'une valeur moyenne.

La période de recouvrement n'apparaît nullement. Par contre, la compréhension de la valeur actualisée nette est très facile, ce qui n'est pas à négliger. La comparaison avec un autre placement peut aisément se faire.

Le problème que soulève cette méthode est celui de la détermination du taux t. Ce taux devrait correspondre en principe au coût du capital. Si, pour financer un projet, l'entreprise doit investir l'000, elle doit payer le loyer de cet argent, soit le prix que ces l'000 lui auraient rapportés s'ils avaient été placés ailleurs. Cette interprétation revient à dire que la valeur actualisée nette V correspond au gain différentiel par rapport à un autre placement (théorie du coût d'opportunité). La période de recouvrement actualisée pose le même problème. Trois interprétations du taux t sont données ci-après, toutes sujettes à caution.

a) Le coût du capital correspond au prix payé par l'entreprise pour utiliser ses actifs. Il s'agit du rapport :

$$\frac{\text{Intérêts + dividende distribué}}{\text{Fonds propres nets}} \times 100$$

Cette méthode nécessite la détermination des fonds propres nets, ce qui pose certains problèmes, notemment l'évaluation des actifs. Elle est d'autre part contestée et guère utilisée. De plus, les intérêts et dividendes varient passablement au cours du temps. Les théories plus modernes ajoutent la plus-value des actions aux intérêts et dividendes, mais ne résolvent pas le problème de l'évaluation des fonds propres nets.

b) Le taux t est le taux moyen de rentabilité de l'entreprise, soit :

100 x bénéfices annuels / fonds propres nets

Le problème se complique encore, puisque le bénéfice est très variable d'un exercice à l'autre. Ainsi un projet sera refusé durant une période prospère (bénéfice élevé, donc t élevé), tandis qu'il sera accepté durant une période difficile, ce qui va à l'encontre du bon sens. Si les affaires vont mal, seuls les investissements très rentables devraient être acceptés.

c) Le taux t est celui des placements à long terme sur le marché (variante du coût d'opportunité). Cette interprétation est la pire de toutes, puisque le taux des placements à long terme varie constamment en fonction du marché des capitaux, des fluctuations de la bourse, etc.

Il existe bien d'autres interprétations du taux t, mais aucune ne donne entière satisfaction.

En résumé, il apparaît que chaque interprétation du taux t est contestable et que seul un taux "politique" peut être accepté, c'est-à-dire un taux exigé par la direction de l'entreprise. Et même dans cette hypothèse, un taux unique ne devrait pas être appliqué à des investissements de caractéristiques différentes, notemment sur le plan des risques.

4. Récapitulatif et comparaison des indicateurs

Pour synthétiser les paragraphes précédents, nous pouvons dresser le tableau suivant, portant des jugements sur la valeur des indicateurs en fonction des critères d'appréciation.

Indicateurs : Critères	Taux de rendement interne	Période de recouvrement	Valeur actualisée nette
Volume de fonds à investir	nulle	bonne	insuffisante
Recouvrement	mauvaise	bonne	nulle
Facilité de calcul	mauvaise	bonne	moyenne
Compréhension interprétation	bonne	bonne	bonne
Risques	mauvaise	nulle	mauvaise
Rendement	bonne	mauvaise	mauvaise

Chaque dirigeant donnera une pondération personnelle à ces six critères. Certains peut-être, utiliseront d'autres critères pour évaluer un indicateur de rentabilité. Le jugement que portera chacun sur l'évaluation des critères relève d'une échelle de valeurs personnelle projetée sur la réalité. Les éléments subjectifs ne doivent pas intervenir dans le cadre de ce travail qui se veut objectif. Par contre, lors d'une étude d'investissement, ces éléments subjectifs vont jouer un rôle important, voire même décisif.

5. Les indicateurs retenus et leur complémentarité

Deux indicateurs seront retenus dans la suite de ce travail : le taux de rendement interne et la période de recouvrement. Ce choix se justifie par deux raisons.

5.1. Complémentarité attributive

En reprenant le tableau du paragraphe 4, la troisième colonne est maintenant remplacée par le meilleur jugement porté sur l'un et l'autre des deux indicateurs retenus.

Indicateurs :	Taux de rendement interne	Période de recouvrement	Les deux réunis
Volume de fonds à investir	nulle	bonne	bonne
Recouvrement	mauvaise	bonne	bonne
Compréhension interprétation	bonne	bonne	bonne
Risques	mauvaise	nulle	mauvaise
Rendement	bonne	mauvaise	bonne

En réunissant les deux qualités de ces deux indicateurs, nous obtenons une bonne appréciation de chaque critère, exception faite du risque.

5.2. Complémentarité fonctionnelle

Un exemple, plutôt qu'un long paragraphe, fera mieux comprendre cette complémentarité.

Investissement A

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investissements	1000	2000	500	-	-	-	-	-	-	-
Revenus	100	200	400	600	800	1000	2000	5000	6000	2400

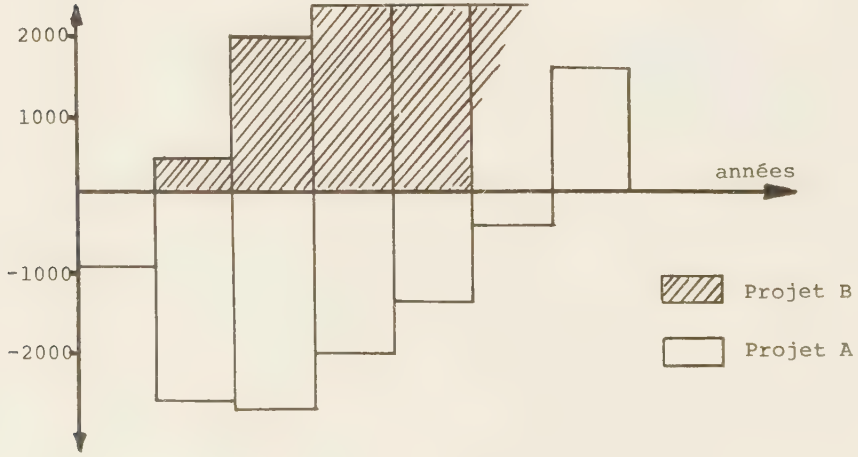
Investissement total : 3'500
Taux de rendement interne : 25%
Période de recouvrement : 6.2 années

Investissement B

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investissements	1000	2000	500	-	-	-	-	-	-	-
Revenus	1000	2500	2000	200	-	-	-	-	-	-

Investissement total : 3'500
Taux de rendement interne : 25%
Période de recouvrement : 1.8 années

Si le responsable doit choisir entre ces deux projets, il est probable qu'il choisira le second, même si la somme des revenus est plus grande que dans le premier cas. Le raisonnement, peut-être inconscient, est le suivant : si le développement du projet est entravé à l'avenir, le risque d'une perte est moindre si la période de recouvrement est de deux ans plutôt que de six ou sept ans. Sur le graphique des flux de fonds cumulés, on comprend aisément quel serait l'effet, par exemple, d'une nationalisation de ces investissements au bout de la troisième ou quatrième année.



Années	1	2	3	4	5	6	7
Flux de fonds net cumulé projet A	-900	-2700	-2800	-2200	-1400	-400	1600
Flux de fonds net cumulé projet B	-	500	2000	2200	2200	2200	2200

En conclusion, il apparaît que le meilleur moyen d'évaluation d'un investissement consiste à analyser simultanément le taux de rendement interne et la période de recouvrement.

Remarque finale

D'autres indicateurs de rentabilité ont été développés, notemment le taux de rentabilité (= Revenu moyen / investissement) et le taux de rendement différentiel (= taux de rendement interne - coût du capital). Je renvoie le lecteur aux ouvrages déjà cités de CONSO et de BIRMANN & SMIDT, ainsi qu'à l'exellent traité de E. SOLOMON (6) et, pour un survol sommaire, à la publication de IBM (7).

C H A P I T R E III

LA PREVISION DU FUTUR ET LE RISQUE

1. Le compte de Pertes & Profits prévisionnel

Tout projet d'investissement présuppose une estimation du futur. Afin d'établir un compte de Pertes & Profits pour l'analyse des projets, il est nécessaire de construire des séries prévisionnelles de chiffre d'affaires et de charges.

Qu'il s'agisse d'un investissement technique (machine, bâtiment, etc.) ou d'un investissement financier (rachat d'une entreprise), le projet d'investissement doit se fonder sur des prévisions de ventes. Or la détermination du volume et du prix de vente pose d'épineux problèmes à ceux qui doivent fournir les données. L'unité concernée, généralement le Marketing, ne disposait jusqu'à maintenant que de très peu de moyens mathématiques pour estimer l'avenir. Aujourd'hui encore, rares sont les entreprises de notre pays qui font appel aux techniques exposées dans la suite de ce chapitre (exception faite de certaines grandes entreprises).

Outre les prévisions de revenu, le projet d'investissement contient les prévisions de coût. Il peut s'agir du coût des matières premières, de la main d'oeuvre, de l'énergie, des frais fixes, des dépenses de Marketing, etc.

Considérons le compte de Pertes & Profits prévisionnel suivant :

Années	1	2	3	4	5	6	7
Chiffre d'affaires	3000	4500	6300	7875	9900	11000	8800
Frais variables	1380	2106	2850	3660	4455	5070	4120
Frais fixes	2100	1900	1720	1520	1520	1350	1150
Bénéfice brut	-480	494	1730	2695	3895	4585	3530
Impôts 50%	-	247	865	1347	1947	2290	1765
Revenus nets	-480	247	865	1347	1947	2290	1765
+ Amortissements	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Entrée de fonds	520	1247	1865	2347	2947	3290	2765
Sortie de fonds	7000	-	-	-	-	-	-

Taux de rendement interne : 24.6%
Période de recouvrement : 4.3 années

Supposons maintenant qu'une erreur de prévision de 10% trop optimiste ait été commise sur le prix de vente. Nous obtenons :

Taux de rendement interne : 16.6%
Période de recouvrement : 4.9 années

Supposons maintenant que le chiffre d'affaires soit juste, mais que le coût des matière premières augmente de 20%, dès la première année sur un montant de 600 (la première année). Dans ces conditions, les résultats sont :

Taux de rendement interne : 21.5%
Période de recouvrement : 4.5 années

Cet exemple, peut-être évident, fait ressortir l'extrême influence d'une erreur même minime sur le chiffre d'affaires, tandis qu'une erreur relativement beaucoup plus importante n'influence que modestement le résultat de l'analyse.

2. Les prévisions et leur durée

Suivant la durée des prévisions que l'on désire obtenir, les outils mathématiques actuels offrent des modèles de résolution différents. CHAMBERS, MULLICK & SMITH (8) proposent de distinguer les prévisions :

- à court terme : jusqu'à trois mois
- à moyen terme : de trois mois à deux ans
- à long terme : deux ans et plus

Le court terme est défini comme le laps de temps durant lequel ni l'offre ni la demande du marché ne peut évoluer de manière sensible. Ce qui a été planifié se réalisera, mais il est impossible, en moins de trois mois, de reconvertir l'outil de production, par exemple, sans l'avoir prévu antérieurement. De même la demande ne se modifiera que très peu par rapport au passé, compte tenu des facteurs cycliques et ératiques.

Le moyen terme, par contre, permet des modifications de l'offre ou de la demande. Des facteurs exogènes à l'entreprise, mais endogènes au marché, sont susceptibles d'intervenir. Ainsi un concurrent peut lancer un nouveau produit, ou les goûts du consommateur peuvent s'orienter vers un produit de substitution. La recherche d'application peut déjà produire des effets à ce terme.

Le long terme, quant à lui, n'a pas de limites, et permet donc tous les bouleversements. Au nombre de ceux-ci, notons l'évolution économique (inflation, niveau de production, etc.), l'évolution politique et sociale, le développement technique, bref tout l'environnement médiat.

3. Les méthodes de prévision

Les méthodes de prévision sont distinguées ici selon leur attribut "intuitif" (ou humain) et "systématique" (ou mathématique).

L'exactitude de la prévision est cependant indépendante du genre de celle-ci. Il est courant de constater que la prévision intuitive de tel gestionnaire a été plus exacte que celle d'un modèle mathématique complexe.

3.1. Les prévisions intuitives

Dans grand nombre d'entreprises, les prévisions sont encore du ressort exclusivement humain. Quelques personnes, en nombre restreint (parfois une seule), apprécient les évolutions à venir et adaptent l'appareil de production ou la politique générale de l'entreprise à ces estimations. Les deux composantes sur lesquelles reposent ces prévisions sont l'expérience et l'intuition. L'expérience doit être prise dans son sens large, c'est-à-dire englober toutes les connaissances du prédicteur, son éducation, son information et sa faculté de jugement. L'intuition, quant à elle, relève plutôt de certaines impressions de ce qui se réalisera dans le futur, mais ne fait pas toujours appel au raisonnement conscient du sujet. Le responsable chargé de faire les prévisions se fera une image de la situation actuelle et proposera, par exemple, une extrapolation du passé dans l'avenir, tout en incluant l'effet de modifications supposées des facteurs endogènes et exogènes à l'entreprise.

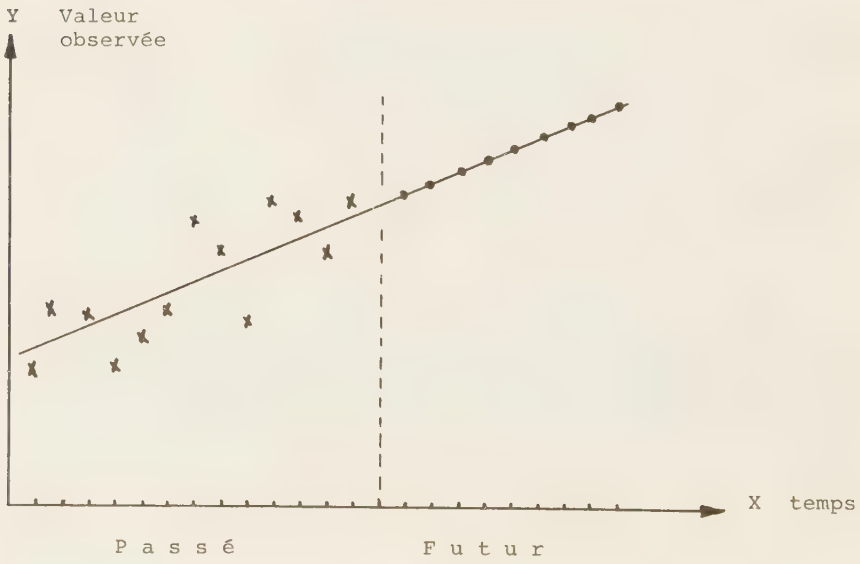
3.2. Les prévisions systématiques

Suivant le terme et le genre de la prévision, les modèles mathématiques sont basés sur différentes méthodes de calcul. Parmi celles-ci, relevons les plus courantes.

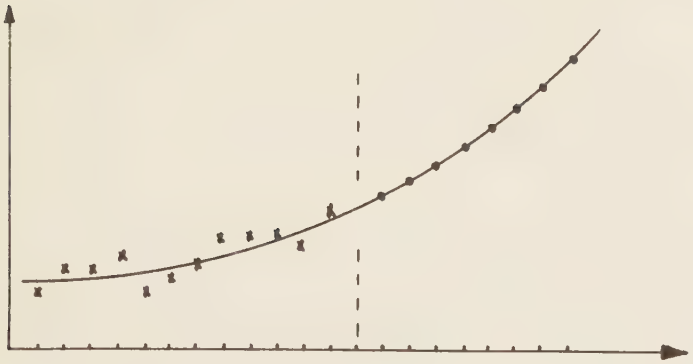
La méthode des trends (extrapolations pures)

Basée sur un historique, cette méthode consiste à projeter dans l'avenir les observations faites dans le passé, en excluant toute influence extérieure. Les deux ajustements généralement proposés sont des trends linéaires et paraboliques. La méthode utilisée est celle des moindres carrés. Soit Y la valeur observée et X l'année correspondante.

Ajustement linéaire : $Y = aX + b$, quel que soit X



Ajustement parabolique : $Y = a X^2 + b X + c$



Cette méthode, très grossière, est utilisée lorsqu'on ne dispose d'aucun autre renseignement. Pour l'observation de phénomènes économiques à long terme, les trends sont souvent peu précis, bien qu'ils soient néanmoins les plus utilisés. La marge d'erreur est grande sur les prévisions.

Les régressions

Cette méthode consiste à déterminer les valeurs d'une variable dite dépendante ou expliquée, au moyen d'observations faites sur d'autres variables, dites explicatives. Une procédure appelée "step wise" (pas à pas) permet de choisir les meilleures variables explicatives et d'écarter les moins bonnes. Le nombre minimum d'observations historiques est déterminé par le nombre total de variables. Relevons d'emblée que, pour faire une prévision d'une variable (dépendante), il faut fournir des prévisions pour toutes les autres variables (explicatives). En conséquence, cette méthode ne fait parfois que repousser le problème de la prévision.

Mathématiquement, la prévision de la variable dépendante Y s'exprime sous la forme :

$$Y = a + b\,X1 + c\,X2 + \ldots\ldots + z\,Xn$$

a,b,c, ...,z sont les coefficients de régression
X1, X2, ..., Xn sont les variables explicatives.

Exemple

Les ventes sont expliquées, pense-t-on, par les variables X1 (volume de la population), X2 (produit national brut), X3 (taux d'intérêt des obligations) et X4 (dépenses publicitaires de l'entreprise). Connaissant les valeurs de nos ventes ainsi que des quatre variables explicatives sur les dix dernières années, un modèle de régression fournira, par exemple, les renseignements suivants :

$$Y = 10'000 + 0.034\,X1 + 0.525\,X2 + 0.782\,X4$$

Dans ce cas, la variable X3 (taux d'intérêt des obligations), n'a pas été retenue dans le modèle. Elle n'explique donc pas mieux que les autres la variable dépendante Y.

Il existe une quantité de modèle régressionnels, qui utilisent la technique décrite ci-dessus comme composante d'un ensemble.

Le lissage exponentiel

Cette méthode consiste à adapter l'évolution de la valeur prévue en fonction du temps, donnant plus de poids aux observations récentes qu'aux anciennes. Aucune autre variable n'est incorporée à la prévision. La formule la plus rudimentaire du lissage exponentiel est :

$$Y_t = q\,V_{(t-1)} + (1 - q)\,Y_{(t-1)}$$

t numéro de la période envisagée
Y_t prévision pour la période t
$V_{(t-1)}$ observation à la période (t-1)
q constante de lissage, comprise entre zéro et un.

Le premier problème est celui de la détermination de q. Certains modèles, auto-adaptatifs, corrigent eux-mêmes la valeur de q, de manière à minimiser l'erreur de prévision observée dans le passé.

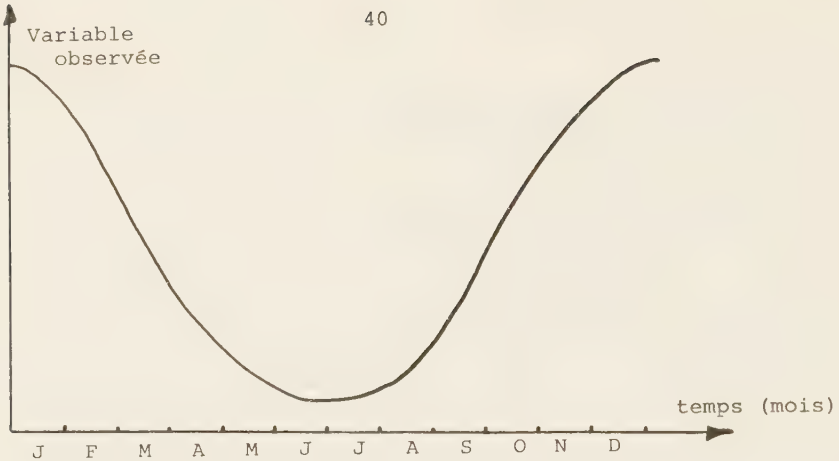
A partir de cette base, nombre de modèles plus raffinés ont été mis au point. Une critique reste néanmoins toujours valable : seul le facteur temps est pris en considération, à l'exclusion d'autres variables explicatives de la prévision.

Enfin, notons que cette technique de prévision est généralement utilisée pour des estimations à très court terme. Elle n'est citée ici qu'en rapport avec le chapitre VIII où une technique d'un genre analogue sera appliquée.

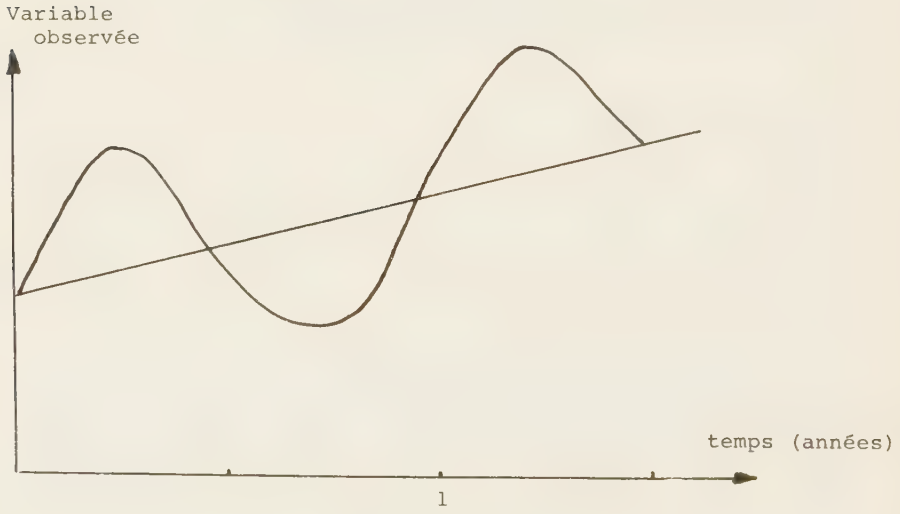
Les modèles complexes

Il existe beaucoup d'autres modèles de prévision en plus de ceux cités ci-dessus. Certains incluent plusieurs méthodes simultanément, laissant la possibilité d'annuler les effets de l'un ou l'autre procédé d'ajustement.

Dans l'étude des prévisions à moyen ou à court terme, les facteurs saisonniers (ou facteurs cycliques) sont importants. Il s'agit là d'une tendance répétitive par intervalle de temps. Ainsi, dans le commerce des skis, la demande augmente en automne, passe par un maximum au cours de l'hiver, puis diminue au printemps pour devenir insignifiante en été. La courbe de demande peut avoir la forme suivante :



Cette saisonnalité peut être introduite comme composante additive à un trend. Si le trend est linéaire, nous obtenons une courbe de vente de la forme :



Un autre modèle complexe est celui des régressions à équations multiples. Par exemple :

$$Y1 = a\,X1 + b\,X2 + c\,X\,Y2 + d$$
$$Y2 = m\,Y1 + n\,X2 + p$$

Y1 prix de vente
Y2 volume de vente
X1 produit national brut
X2 dépenses publicitaires engagées
a, b, c, d, m, n, p : coefficients de régression.

Il est possible de concevoir un modèle général, incluant toutes les techniques de prévision, et laissant le choix des meilleures méthodes à un programme d'ordinateur.

3.3. Symbiose de prévisions intuitives et systématiques

Modèle orienté Delphi

La méthode Delphi

Une méthode de prévision intuitive peut être la discussion libre entre experts. Cette méthode, dite de "brain-storming", comporte un défaut que la psychologie moderne a critiqué : les personnalités de chefs, de meneurs, se mettent en avant, influençant de la sorte les personnalités plus timides et toujours prêtes à se remettre en cause. Les charactères forts risquent de s'affronter, tandis que la diplomatie d'un subordonné voudra qu'il s'aligne sur les vues de son supérieur hiérarchique.

Afin d'éviter les influences négatives d'une confrontation de personnes, il est apparu judicieux de comparer des avis écrits, évitant que les personnalités fortes n'influencent les autres. La méthode Delphi rempli ce but.

Rapidement décrite, elle consiste à distribuer à chaque participant un questionnaire qu'il doit remplir personnellement, sans connaître le nom des autres participants. Les questionnaires remplis sont rassemblés et l'information condensée dans une note. Celle-ci est alors redistribuées aux participants qui peuvent comparer leur réponse à celle des autres. Après modification des réponses s'il y a lieu, de nouveaux questionnaires sont rassemblés, condensés dans une note, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'un consensus soit atteint.

Un modèle orienté Delphi

Le modèle Delphi est utilisable dans sa forme primitive par n'importe quel organisme. Le but est l'accord maximal, sans communication entre les participants. Ainsi, pour déterminer par exemple le cours en bourse d'une action, on peut organiser une telle méthode au sein de l'entreprise, ou entre des analystes financiers.

Dans le cas d'une action répétitive, on peut envisager une qualification des participants. Supposons que les participants soient les vendeurs d'un grand magasin et que l'on désire connaître le chiffre d'affaires des quatre semaines à venir. Chaque lundi, un questionnaire est envoyé aux vendeurs. Lorsque les aller -retours sont terminés, chacun a proposé quatre chiffres. Le lundi suivant, au vu du degré d'exactitude de chaque vendeur, on lui attribue un coefficient d'expertise, puis on recommence. Les bons prédicteurs prennent ainsi plus de poids dans le chiffre final que les mauvais.

On peut maintenant envisager d'inclure le résultat d'un modèle mathématique comme s'il s'agissait d'un autre prédicteur. De cette façon, les prévisions ne seraient ni le résultat de l'intuition humaine pure, ni les résultats d'un modèle plus ou moins sophistiqué, mais le fruit d'une symbiose qui combine la rigueur mathématique au jugement humain.

Si la prévision intuitive d'un prédicteur est plus précise que la prévision calculée par un modèle, le prédicteur prendra plus de poids que le modèle. Dans ces conditions, chaque "participant" aura le poids de sa précision.

4. Choix économique d'une prévision

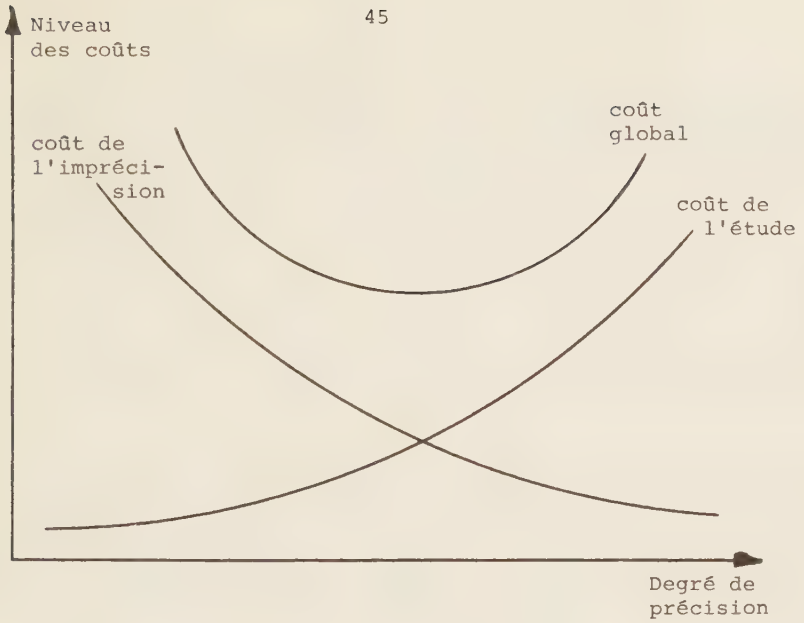
Après avoir rapidement survolé les diverses techniques de prévision (*), voyons maintenant comment elles sont appliquées dans la pratique.

Confronté à un projet d'investissement,le responsable essaie d'abord de juger très sommairement le projet, afin de ne pas entamer une longue et coûteuse étude si le projet ne concorde pas à première vue avec les buts de l'entreprise ou si le montant à investir est exorbitant (pas de source de financement).

Une fois le projet retenu comme intéressant, il s'agit de calculer ou de vérifier les chiffres, période après période. La première contrainte limitative est celle du temps d'étude. S'il s'agit de racheter une entreprise convoitée par un concurrent, il est essentiel de traiter rapidement l'affaire. En perdant trop de temps dans de longues études, on risque de laisser le concurrent nous devancer.

Le deuxième critère limitatif est celui du coût de l'étude. Si, pour limiter les risques, l'entreprise doit recourir à des techniques d'investigation très onéreuses, il se peut que les seuls coûts dépassent l'avantage attendu de l'investissement. Graphiquement, on peut représenter ce coût de la prévision et des études en fonction du degré de certitude attendu.

(*) Voir bibliographie en fin de chapitre.



De ce qui précède, nous pouvons conclure que les techniques de prévision les plus perfectionnées ne sont pas toujours d'un emploi économique. Pourtant, confrontée à un avenir incertain, l'entreprise doit s'efforcer de minimiser ses risques, afin de maximiser ses profits.

5. Prévisions et incertitudes

Toute méthode de prévision, qu'elle soit intuitive ou systématique, ne propose que des valeurs estimées. L'évènement prévu devrait donc se situer aux alentours du chiffre donné ou calculé, sans pour autant être ce chiffre exactement.

Les prévisions intuitives sont, de par leur nature, non rigoureuses. La prédicteur estime que le prix du cuivre va augmenter de 30% en un an, sans pour autant être convaincu que ce ne sera pas 40% ou 20%. Pour des raisons psychologiques, les responsables renoncent souvent à ne donner qu'une valeur unique, à laquelle ils se sentiraient liés, mais préfèrent estimer une fouchette dans laquelle la valeur devrait se situer. Le risque personnel qu'encourt le prédicteur est celui d'avoir mal estimé sa fourchette. Par contre, il se sent à l'aise tant que les limites ne sont pas franchies.

Les prévisions systématiques permettent un calcul rigoureux des limites de variation des estimations. En règle générale, les calculs sont relativement longs et rarement effectués. Comme pour les prévisions intuitives, les valeurs sont estimées entre deux limites maximum et minimum de variation.

Dans ces circonstances, quel est le risque? La réponse est simple : puisque nous disposons d'une valeur prévue et de deux limites maximale et minimale, le risque est la probabilité que l'évènement ne prenne pas la valeur prévue, mais une autre valeur contenue dans la fourchette. C'est à partir de cette base que nous allons maintenant étudier la simulation.

Bibliographie

Concernant les prévisions de ventes en général, il existe quelques manuels intéressants, tel celui de J. MOTHES (9) et celui de J.R. BRIGHT (10). Du côté techniques mathématiques, l'ouvrage en trois volumes de D.G. CHAMPERNOWNE (11) est excellent, de même que celui, plus restreint, de

JOHNSTON (12). Citons également l'ouvrage de D. HELLE (13) bien que ce dernier ne soit pas très complet. On trouve quelques applications de la méthode Delphi dans l'article de NORTH & PYKE (14). Deux autres articles sont dignes d' intérêt (8) et (15).

C H A P I T R E IV

SIMULATION ET MODELE DE RISQUE

1. Définition

T.H. NAYLOR (16) définit la simulation de la manière suivante :

"Simulation is a numerical technique for conducting experiments on a digital computer, wich involves certain type of mathematical and logical models that describe the behavior of a business or economic system (or same component of thereof) over extended periods of real time".

La simulation est donc une technique permettant des expériences, in vitro, au moyen d'un ordinateur, par opposition aux expériences in vivo. S'agissant du domaine économique, il va de soi qu'aucune expérience ne peut être testée dans un contexte réel, à un moment donné, afin d'en tirer une conclusion applicable à la même situation. L'entreprise se trouvant dans un contexte en mouvement, toute expérience d'aujourd'hui n' aura plus le même contexte demain. Par comparaison avec la physique, les mêmes causes ne produisent pas toujours les mêmes effets. Afin de tester une politique, le seul moyen à disposition est l'expérience in vitro, au moyen d'un "modèle" reproduisant au mieux la réalité. Notre modèle implique nécessairement le recours à l'usage des mathématiques et de la synthétisation logique.

Un modèle de simulation décrit le comportement d'un système économique. Dans sa plus simple expression, il peut s'agir de l'étude du service à un guichet et l'observation de la file d'attente, tandis que les développements avancés peuvent s'appliquer à l'étude du développement économique de la nation.

Enfin, la simulation fait intervenir la notion de temps. L'application d'une simulation est généralement placée dans l'optique d'une certaine étendue temporelle, de même que les données nécessaires proviennent d'un historique plus ou moins étendu. Cependant, à l'encontre de la définition de Naylor, l'usage de la simulation peut ne pas s'appliquer à un phénomène lié au temps, mais à un phénomène lié à une distribution de fréquence à un moment donné. L'utilisation qui sera proposée dans les chapitres suivants ne sera qu'indirectement liée au temps, puisqu'elle s'applique à une technique de flux de fonds actualisés.

Voyons rapidement un petit exemple d'application de la simulation, exemple le plus classique s'il en est. La banque ABC dispose, dans l'une de ses agences, d'un unique guichet et le gérant demande l'ouverture d'un second. D'une manière générale, ce problème peut être représenté de la façon suivante :

Arrivées File d'attente Station Sorties

Si nous connaissons le temps moyen que passe chaque client au guichet et le nombre moyen de clients par jour, nous ne pouvons pas estimer la longueur de la file d'attente. Une seule chose est certaine : si le client passe en moyenne plus de temps au guichet (par exemple 10 minutes) que le temps moyen entre deux arrivées (par exemple 8 minutes), la file d'attente s'encombre. Quelle que soit la répartition des arrivées, en fin de journée la file d'attente sera longue. Dans le cas inverse (8 minutes au guichet et 10 minutes entre les arrivées), rien ne permet a priori de décider si un seul guichet est suffisant. Cela dépend de la fréquence d'arrivée des clients. Si chaque client arrive exactement 10 minutes après le précédent, et que l'employé met exactement 8 minutes pour le servir, alors il n'y a plus de problème. Mais la réalité est autrement plus complexe. Le temps de service oscillera peut-être de 1 à 20 minutes, alors que les arrivées seront probablement espacées de zéro à 30 minutes.

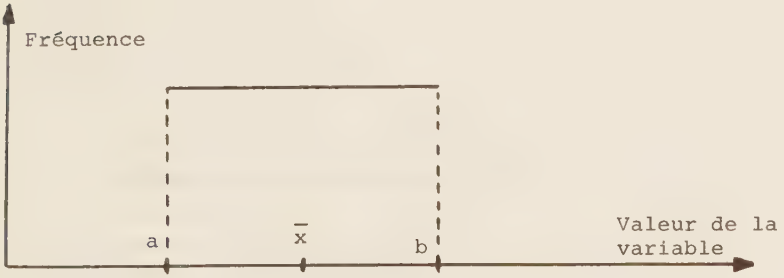
Afin de répondre à la question posée, il est nécessaire de déterminer des "lois" indiquant les intervalles d'arrivée et les temps de service. Lorsque nous connaîtrons, par l'observation, les limites réelles de temps, nous pourrons essayer de tirer "au hasard" les arrivées et les temps de service, puis les combiner et faire fonctionner le guichet in vitro. Cette technique est une simulation.

D'ores et déjà, il importe de bien distinguer deux notions souvent mal explicitées : la simulation et l'alternative. Une alternative est un test unique, où l'utilisateur désire connaître l'effet d'une modification déterminée d'un paramètre. La simulation est une étude basée sur un grand nombre

d'alternatives, faisant intervenir plusieurs modifications variables d'au moins un paramètre. Une modification variable est une modification non déterminée d'avance (par exemple une augmentation de telle valeur de 15%), mais une modification dépendant d'une loi de ditribution et du hasard (par exemple une modification de telle valeur allant de -10% à plus 20% du chiffre initialement prévu).

2. Nombres aléatoires, pseudo-aléatoires et méthodes de génération.

Une suite de nombre est dite aléatoire uniforme si aucune loi ne la régit. Dans ce cas, la moyenne des termes de la suite doit être égale à la moyenne arithmétique des limites. Graphiquement, si a et b limitent l'intervalle de définition d'une suite aléatoire uniforme, nous obtenons une droite horizontale représentant la fréquence.



Mathématiquement, nous pouvons poser :

$$\bar{x} = E(x) = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^{n} x_i \right) = \frac{b + a}{2}$$

$$\sigma^2 = V(x) = \sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n} = \frac{(b-a)^2}{12}$$

sachant que $\bar{x}$ est la moyenne de la distribution et σ l'écart quadratique moyen (donc V(x) la variance).

Remarque :

Ce que nous avons posé ci-dessus est valable pour une série continue. En règle générale, il est rare de travailler avec des séries discrètes, quand bien même cela est possible.

Une suite de nombres est dite pseudo-aléatoire, lorsque la détermination de cette suite n'est pas issue du hasard mais qu'elle en a toutes les caractéristiques. Dans les modèles de simulation, on utilise généralement des séries pseudo-aléatoires, c'est-à-dire des nombres générés par une méthode quelconque, mais respectant les aspects du hasard. Si, parmi 300 personnes arrêtées sur la place Saint-François, on relève le jour de leur naissance, la suite de numéros ainsi formée sera très probablement aléatoire. En effet, rien ne lie le jour de la naissance d'un individu avec celui de son voisin, pour autant que l'échantillon choisit ne soit pas trié au préalable. Dans l'exemple cité, il convient de faire attention aux limites de la suite. Afin d'obtenir une série uniforme, les dates au-dessus du 28 doivent être ignorées, sinon l'influence des mois à 31 jours et du mois de février pourrait être non négligeable. Un autre exemple de nombres aléatoires uniformes est le jet du dé (non pipé) ou le jeu à pile ou face (pièce parfaite). Dans un cas comme dans l'autre, la fréquence d'apparition F_i d'une possibilité i est égale au nombre de tirages divisé par le nombre de possibilités (le dé a 6 faces, doit $F_i = 1/6$).

Pour permettre le fonctionnement de modèles de simulation, il est nécessaire de disposer d'une suite de nombres aléatoires. Quelle que soit la méthode choisie, cette suite de nombres ne sera pas aléatoire pure, mais pseudo-aléatoire, du fait de la construction de cette série. Diverses méthodes ont été mises au point, dont voici quelquesunes.

Mid squares (ou carré moyens)

Partant d'un nombre XXXXX entier positif quelconque de cinq chiffres, on le met au carré et on extrait les cinq chiffres centraux qui forment le deuxième terme de la suite. Par des mises au carré successives, on détermine une suite de nombres pseudo-aléatoires. Posons le premier terme X1 = 42940.

X1 x X1 = 1'843'843'600, donc X2 = 43'843
X2 x X2 = 1'922'208'649, X3 = 22'208
X3 x X3 = 493'195'264, X4 = 93'195
X4 x X4 = 8'685'308'025, X5 = 85'308
X5 x X5 = 7'277'454'864, X6 = 77'454
X6 x X6 = 5'999'122'116, X7 = 99'122
X7 x X7 = 9'825'170'884, X8 = 25'170
X8 x X8 = 633'528'900, X9 = 33'528
X9 x X9 = 1'124'126'784, X10= 24'126

Cette méthode est l'une des plus anciennes et son usage est abandonné au profit d'autres méthodes plus rapides et plus efficaces.

Nombres entiers congruants

Deux nombres entiers A et B sont dits congruants modulo m si leur différence donne un multiple de m. Cette relation s'exprime sous la forme A = B (m). Ainsi, les nombres 34 et 18 sont congruants modulo 2.

Méthode additive. Si maintenant nous posons An+1 =(An + X) modulo m, nous obtenons un vecteur A contenant une suite de nombres aléatoires. Soit A1 = 3, X = 5 et m = 8.

A2 = 3 + 5 mod 8 = 0

A3 = 0 + 5 mod 8 = 5

A4 = 5 + 5 mod 8 = 2, etc.

Nous obtenons une suite : 3, 0, 5, 2, 7, 4, 1, 6, 3, 0, ...

Remarques : - la suite a au plus m termes différents, puis elle se répète. Il importe de choisir m grand, ce qui implique X grand également

- les différences entre chaque terme de la suite ne sont pas réparties aléatoirement

Méthode multiplicative. Posons maintenant An+1 =(An x X) modulo m. Soit A1 = 3, X = 5, m = 7.

A2 = 3 x 5 mod 7 = 1

A3 = 1 x 5 mod 7 = 5

A4 = 5 x 5 mod 7 = 4

A5 = 4 x 5 mod 7 = 6

A6 = 6 x 5 mod 7 = 2

A7 = 2 x 5 mod 7 = 3, etc.

Remarques : - la période est au plus de (m-1) termes

- les différences terme à terme sont aléatoires.

Méthode de Fibonacci

Basée sur une méthode congruante additive, cette méthode permet un travail plus rapide que la méthode multiplicative, tout en gardant de bonnes caractéristiques.

Méthodes pour ordinateur

Diverses méthodes ont été conçues pour utiliser au mieux les particularités des ordinateurs, notemment la propagation des "bits" dans un "mot" et leur interprétation (ordinateurs digitaux). Le détail de ces méthodes peut être consulté dans les ouvrages de référence.

Il est intéressant de relever que les séries de nombres utilisés par les modèles sont toujours des séries pseudo-aléatoires. En pratique, cette caractéristique ne modifie nullement le résultat.

3. Les lois de probabilité d'une variable

Reprenons momentanément l'exemple de la banque ABC et de son guichet d'agence. Si nous connaissons la manière dont se succèdent les arrivées et les temps de service, nous pouvons simuler le fonctionnement du guichet. Supposons les distributions suivantes, exprimées en minutes :

Intervalles d'arrivée	:	8	9	7	2	4	2	7	4	3	7
Temps de service	:	1	4	6	10	5	7	1	9	3	2

Supposons maintenant que nous partons à l'heure zéro et que le premier client arrive au bout de 8 minutes, mobilise le guichet pendant 1 minute, puis sorte. Le deuxième client arrive 9 minutes après le premier et le service dure 4 minutes, et ainsi de suite.

A première vue, on remarque que le temps moyen entre deux arrivées est de 5.3 minutes, de même que le temps moyen de service est de 4.8 minutes. De là à déduire qu'un seul guichet est suffisant, il y a un pas à ne pas franchir. Observons le tableau suivant, reproduisant le fonctionnement du guichet pour les dix premiers clients.

Temps (min)	Heure fin de service (min)	Durée de l'attente 1è	2è	3è	Nombre de pers dans la file	Heure fin d'attente 1è	2è	3è
0	-	-	-	-	-	-	-	-
8	9	-	-	-	-	-	-	-
17	21	-	-	-	-	-	-	-
24	30	-	-	-	-	-	-	-
26	40	4	-	-	1	30	-	-
30	45	10	-	-	1	40	-	-
32	52	8	13	-	2	40	45	-
39	53	1	6	13	3	40	45	52
43	62	2	9	10	3	45	52	53
46	65	6	7	13	3	52	53	62
53	67	9	12	-	2	62	65	-

On remarque d'abord que l'attente totale est de 75 minutes pour une durée d'ouverture de 67 minutes. De même, le nombre de personnes en attente oscille entre 0 et 3. En admettant que le guichet a servi 10 personnes, on peut en déduire que l'attente moyenne est de 7.5 minutes. Cependant, les trois premiers clients ont été servis immédiatement, ce qui signifie que les gens se trouvant dans la file ont attendu en moyenne 10.7 minutes. Comparée avec un temps de service de 4.8 minutes, cette attente peut paraître relativement longue. L'employé, quant à lui, a été occupé à 88%.

Par un procédé de type analogue, on pourrait maintenant simuler l'agence avec deux guichets et observer le comportement de la file d'attente, la durée moyenne dans la file et le taux d'occupation des employés.

Dans cet exemple, nous nous sommes limités à l'observation des dix premiers clients, supposant connus les intervalles de temps entre les arrivées et les temps de service. Dans la pratique, une telle étude serait réalisable à coûts modérés si des lois de distribution étaient établies sur la base d'un historique consistant et si l'étude était menée durant un mois au moins, jour après jour.

On remarque donc d'une part la nécessité de concevoir un modèle se chargeant de la simulation (en raison du volume de calculs) et d'autre part la nécessité de connaître les lois servant à décrire les intervalles d'arrivées et les temps de service. Sur la base des résultats de l'étude, la direction de la banque ABC pourrait juger de l'opportunité d'ouvrir un second guichet dans cette agence.

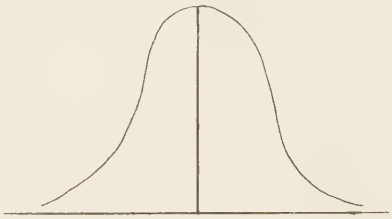
Loi de distribution uniforme

Dans l'exemple précédent, les deux lois de distribution étaient des lois aléatoires uniformes. Les temps sont répartis au hasard, en valeurs entières, chaque valeur ayant la même probabilité d'apparition que n'importe quelle autre.Lors de l'étude de modélisation sur ordinateur, le programmeur dispose généralement d'un générateur de nombre pseudo-aléatoires distribués selon une loi uniforme, les limites du générateur étant zéro et un. Dans ces conditions, il faut "amorcer" le générateur avec un premier nombre, par exemple 0.121, puis le générateur fournit une suite quasi infinie. La période de la suite est fonction du nombre de "bits" formant un "mot" (ce nombre est variable d'un ordinateur à l'autre).

A partir d'un tel générateur, on peut construire n'importe quelle loi de distribution uniforme, par addition et multiplication de constantes.

Loi normale

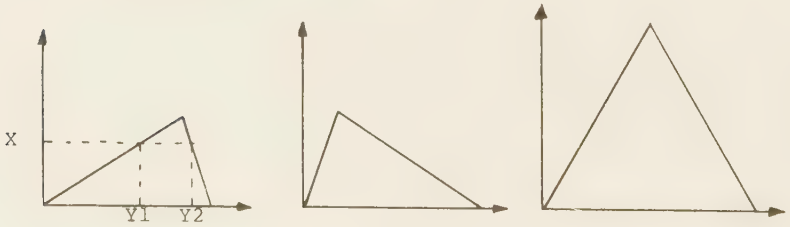
La loi normale est l'une des plus fréquentes dans l'observation de caractéristiques humaines ou économiques. Elle porte le nom de loi de Gauss, ou moins scientifiquement de "courbe en cloche", selon son aspect graphique.
La loi normale n'a pas de limites, tendant asymptotiquement vers l'axe des abscisses. Le point culminant de la courbe coïncide exactement avec la moyenne de la distribution. Une caractéristique intéressante de cette loi provient de la densité de fréquence en fonction de l'écartement par rapport à la moyenne.



Pour générer une loi normale sur ordinateur, diverses méthodes ont été mises au point. Elle proviennent toutes de l'usage de la moyenne et de l'écart-type (sigma). Le principe consiste à donner non pas les limites de la distribution, mais à donner le sigma comme mesure de la dispersion.

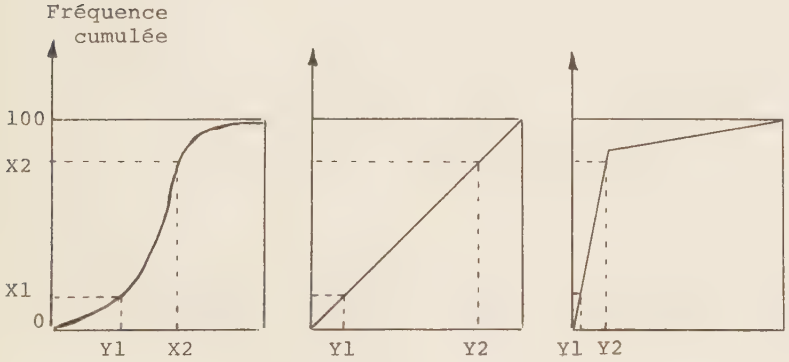
Autres lois

Il existe autant de lois de ditribution qu'on le désire. Dans le contexte économique, on peut estimer que certains paramètres ont des lois de distribution régulières ayant les allures suivantes :



Fonction inverse

Partant d'un nombre aléatoire X représentant la fréquence, il est souvent impossible de déterminer à quelle valeur il correspond du paramètre observé Y. Dans le cas des trois figures de la page précédente, on remarque qu'à une valeur unique de X correspondent deux valeurs Y1 et Y2. Laquelle choisir? Pour contourner cet obstacle, il convient de diviser l'axe des Y en classes et de graduer l'axe des X en fréquences cumulées. La graduation va donc de 0% à 100% sur l'axe des ordonnées, correspondant aux limites 0 et 1 d'un générateur aléatoire uniforme. Le graphique prend alors les formes :



Loi normale Loi uniforme Loi régulière

Nous disposons maintenant d'une fonction inverse de la loi de distribution. Partant de la fréquence cumulée, nous trouvons une valeur et une seule de la variable observée Y.

Remarque
Dans le cas de la loi normale, il est nécessaire malgré tout de fixer les limites a et b de la distribution. Economiquement, il est raisonnable de fixer un intervalle de + ou - 2.24 sigmas, correspondant à une probabilité supérieure à 97.5%.

Disposant maintenant de tous les outils nécessaires, nous allons concevoir de manière générale l'application de la simulation à l'évaluation des investissements.

4. Application de la simulation aux évaluations d'investissements

Comme nous l'avons vu au début du présent ouvrage, les prévisions de vente et de charges ne sont jamais que des prévisions. Il est courant d'établir des fourchettes de variation autour du chiffre initialement prévu. Partant de ces données, il est possible de les exploiter efficacement au moyen d'un modèle de simulation. Les limites de variation des prévisions servent ainsi de limites des lois de distribution. La prévision initiale servira de valeur moyenne. Dans le cas de distributions normales, les limites devront être exprimées avec un pourcentage de probabilité d'occurence à l'intérieur de la fourchette de variation.

La première rubrique sera, par exemple, le volume de ventes, la deuxième le prix de vente et la troisième le chiffre d'affaires, produit des deux premières rubriques. A ce stade, nous devons distinguer les rubriques de base, véritables prévisions, des rubriques dérivées, c'est-à-dire des rubriques fonction d'autres rubriques préexistantes. Ainsi le volume de ventes et le prix de vente sont des rubriques de base, tandis que le chiffre d'affaires est une rubrique dérivée. Cette dernière est également une prévision, contenue dans une certaine fourchette, mais ces renseignements se déduisent des rubriques précédentes et ne nécessitent pas de détermination de base.Prenons l'exemple suivant, sur quatre ans :

Prévision de ventes : 1000 pièces la première année, en augmentation de 10% par an (fourchette : + ou - 20%)

Prévision du prix : fr. 5.- la première année, en augmentation de 20% par an (fourchette : + ou - 10%)

Chiffre d'affaires : volume de ventes x prix

Valeurs moyennes	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4
Volume de ventes	1000	1100	1210	1331
Prix de vente	5.-	6.-	7.20	8.64
Chiffre d'affaires	5000.-	6600.-	8712.-	11500.-
Valeurs minima				
Volume de ventes	800	880	968	1065
Prix de vente	4.50	5.40	6.48	7.78
Chiffre d'affaires	3600.-	4752.-	6273.-	8286.-
Valeurs maxima				
Volume de ventes	1200	1320	1452	1597
Prix de vente	5.50	6.60	7.92	9.50
Chiffre d'affaires	6600.-	8712.-	11500.-	15180.-

Nous relevons d'emblée que les variations limites du chiffre d'affaires ne sont pas symétriques par rapport aux valeurs "centrées". En effet, le calcul suivant nous mène au résultat observé:

CA : chiffre d'affaires
V : volume
P : prix

CA moyen = V moyen x P moyen

CA mini = V mini x P mini = V moy (1 - 0.2) x P moy (1 - 0.1)
= V moy 0.8 x P moy 0.9
= 0.72 CA moyen, soit 28% de moins que le CA moyen.

De même, CA maxi = 1.32 CA moyen, soit 32% de plus que le CA moyen. Ces deux valeurs sont exactement vérifiées par les chiffres du tableau.

Remarques
- il serait envisageable, à la limite, de calculer un flux de fonds avec toutes les valeurs mini puis avec toutes les valeurs maxi. Les résultats seraient incroyables, tant les différences seraient grandes
- dans un contexte réel, il n'est pas imaginable que toutes les limites mini soient atteintes simultanément, ou toutes les limites maxi. C'est là l'une des raisons de l'étude de simulation.

Afin d'être réaliste, il convient de choisir aléatoirement chaque valeur des rubriques de base, et d'en déduire les valeurs dérivées. Le flux de fonds étant calculé sur un certain laps de temps,certaines valeurs seront générées dans la partie supérieure de la distribution, d'autres dans la partie inférieure, phénomène plus semblable à la réalité.

En déterminant pour chaque rubrique de base une série de nombres aléatoires (autant que de périodes de calcul), il est possible, au moyen d'une loi de distribution et de sa fonction inverse, de déterminer une suite de valeurs "possibles". Ayant répété ce processus pour chaque rubrique de base, il est facile de calculer les rubriques dérivées, jusqu'à détermination du flux de fonds net. A ce stade, un calcul annexe permet la détermination des indicateurs d'investissement, ce qui donne un résultat "possible".

En reconduisant le precessus complet, on obtient un deuxième résultat, et ainsi de suite. Chaque processus complet porte le nom d'itération. Après un nombre relativement grand d'itérations, on dispose d'une série de valeurs pour le taux de rendement interne et pour la période de recouvrement. La simulation est alors terminée et il s'agit d'interprêter les résultats. D'ores et déjà, vu l'énorme volume de calculs à effectuer, on comprendra que l'homme est inapte à un tel travail et que l'usage d'un ordinateur s'impose.

5. Notions de risque et de sensibilité

Remarque liminaire

Pour des raisons de commodité et afin d'alléger le texte, les termes "étude de risque", "études de simulation" et "étude de sensibilité" seront simplement désignés par les mots "risque", "simulations" et "sensibilité".

5.1. Le risque

Larousse définit sommairement le risque comme un danger, un inconvénient possible. Dans l'acceptation générale du terme, le risque comprend toujours un évènement "négatif" ou malheureux. En termes d'analyse des investissements, le risque est étendu en plus à l'hypothèse d'un évènement "positif". De quoi s'agit-il? En fait, le risque, dans notre étude, correspond à la notion mathématique de probabilité. Partant d'une série de valeurs probabilistiques, nous en déduisons un résultat probabilistique également, c'est-à-dire ayant une certaine distribution de probabilité. Le résultat d'une

simulation de flux de fonds donnera une valeur probable, et une mesure de sa dispersion. Connaissant d'une part, la distribution exacte (somme des résultats de chaque itération) et, d'autre part, la loi de cette distribution, l'analyste peut, pour chaque valeur du résultat, déterminer le probabilité d'atteindre cette valeur. En sens inverse, fixant la probabilité limite, il est aisé de déduire le résultat correspondant. Ce faisant, l'analyste pourra affirmer que tel projet a 9 chances sur 10 d'atteindre au moins 18% de taux de rendement interne, ou 5 années au plus de période de recouvrement. Inversément, il pourra déduire que 22% de taux de rendement n'ont qu'une chance sur deux d'être atteints. Le risque est une mesure de dispersion, vers le haut comme vers le bas. Dans un cas comme dans l'autre, nous parlerons de "risque", simplement.

Voyons maintenant comment expliquer cette notion de risque. Les rubriques du tableau sont séparées en deux groupes : les rubriques de base et les rubriques dérivées. Seules les premières sont simulées, les fluctuations des secondes dépendant des premières. La simulation des rubriques de base consiste à prendre un certain nombre de valeurs à l'intérieur des limites de fluctuation, selon une loi de distribution préétablie. Ces limites sont les données du système, issues des prévisions antérieures à ce système. Le principe est le suivant : tirant des valeurs probabilistiques à l'intérieur des limites, le modèle construit des tableaux de flux de fonds avec des variations admissibles sur les rubriques de base. La génération de chaque valeur étant indépendante des autres, un certain effet de compensation tendra à limiter les fluctuations du résultat. Cette particularité correspond à la réalité. En effet, si la conjoncture est bonne,

le volume de ventes tendra à augmenter sans pour autant que toutes les charges tendent vers la limite supérieure de variation. Cependant, il est certain que différentes liaisons peuvent exister entre les variations de deux rubriques pour la même année, ou entre deux années pour la même rubrique. Ce point sera traité ultérieurement.

Après le nombre voulu d'itérations, le modèle contient la distribution des résultats, permettant l'étude de "risque".

5.2. La sensibilité

La notion de sensibilité est beaucoup plus facile à saisir. Il s'agit d'un test, unique, d'une alternative de calcul. Supposons qu'un analyste ait effectué une étude de simulation pour un projet d'investissement donné. Le taux de rendement ressort à 20%, et la simulation démontre que le taux de 15% sera atteint avec 95 chances sur 100. Supposons encore que la simulation porte sur une seule rubrique : le volume de ventes.

Années	1	2	3	4	...
Volume de ventes initialement prévu	1000	1100	1200	1300	...
Volume mini	900	990	1080	1170	...
Volume maxi	1100	1210	1320	1430	...

L'analyste désire maintenant savoir quelle serait la rentabilité du projet si le volume était à la limite inférieure. Pour ce faire, il modifie la rubrique voulue et, sans simulation, détermine le nouveau résultat (par exemple 12%).

Il s'agit là d'une mesure de sensibilité. En fait, l'analyste a fait l'hypothèse que la conjoncture serait "au pire" durant toute la vie du projet, ce que le modèle de simulation ne fait pas.

On peut donc comparer la sensibilité et la simulation, sachant que la simulation suppose un grand nombre d'itérations contre une pour la sensibilité, et que la simulation génère des valeurs probabilistiques à l'opposé des valeurs déterministiques de la sensibilité.

Les études de sensibilité sont d'un très grand intérêt et ne doivent nullement être abandonnées au profit d'une simulation. Ces deux notions sont absolument complémentaires et toute étude d'investissement devrait inclure les deux.

C H A P I T R E V

PROPOSITION D'UN MODELE SUR ORDINATEUR

1. Buts du modèle

Le modèle décrit ci-après poursuit plusieurs buts, dont le premier est l'évaluation d'un projet d'investissement. Le modèle calcule un flux de fonds prévisionnel et extrait les valeurs correspondantes du taux de rendement interne, de la période de recouvrement et, éventuellement, de la valeur actualisée nette.

Le deuxième but visé est l'analyse du risque d'un projet d' investissement, tel que décrit au chapitre précédent. Pour ce faire, le modèle requiert les informations minimales et effectue automatiquement les itérations successives.

Le troisième but est l'analyse de sensibilité, facilement réalisable au moyen d'une reconduction du modèle avec des modifications infimes.

Pour permettre une prise d'information aussi aisée que possible, le système de donnée est sous la forme d'un petit " langage ", très rapidement assimilable. Les règles suivantes ont servi de base à l'élaboration du modèle :

- les données, fournies sur cartes perforées, sont toujours groupées par rubrique, pour toute la durée de vie du projet
- la logique des calculs est gérée par l'utilisateur, sous une forme standard

- les résultats sont imprimés selon les commandes de l'utilisateur, selon son gré
- les information pour la simulation sont données facultativement, en fin de série
- les résultats de la simulation s'impriment automatiquement, avec une analyse statistique des valeurs.

Le langage est constitué d'une vingtaine d'ordres, chaque ordre étant une commande de donnée, de calcul, de logique, de simulation ou d'impression.

5.2. Entrée des données

Ce paragraphe ne traitera que des rubriques de base, soit les rubriques simulables. Trois ordres sont à disposition.

Ordre de lecture

Lorsque les prévisions des valeurs d'une rubrique ne sont pas systématisables, le seul moyen à disposition est la lecture simple de ces valeurs. A chaque ordre doit correspondre une rubrique, identifiée par son libellé (en 12 caractères) et par son numéro. L'ordre de lecture prend la forme suivante :

LECT xxxxxxxxxxxx I a b c d e ...

L'ordre lui-même se réduit au quatre lettres LECT. Le nom de la rubrique est désigné par les 12 x, et le numéro par I. Les valeurs a, b, c, d, e, ... représentent les valeurs que doit prendre cette rubrique aux périodes 1, 2, 3, 4, 5, ... Un exemple pourrait être le suivant :

LECT PRIX DES M.P. 3 10 10 11 12 13 15

La rubrique 3, appelée PRIX DES M.P. contient la suite des valeurs.

Génération d'une rubrique par augmentations fixes

Les valeurs d'une rubrique I partent d'une base B augmentée chaque période d'une valeur V. Forme générale :

DELT xxxxxxxxxxx I B V

Génération d'une rubrique par taux de croissance

Les valeurs V de la rubrique I sont déterminés de la manière :
$V(n) = V(n-1) \times (1. + T_i)$
Le taux de croissance peut être modifié lorsque la valeur atteint ou dépasse une certaine limite L_i . Forme générale :

CROI xxxxxxxxxxx I B nt T1 L1 T2 L2 ... T5 L5

B : base de départ, soit V(1)
nt : nombre de taux différents
T_i : taux de croissance valable jusqu'à la limite L_i

5.3. Commande des calculs et de la logique

Addition/soustraction de rubriques

Les valeurs d'une rubrique I sont le résultat d'additions et de soustractions d'autres rubriques, terme à terme. Forme générale :

CALC xxxxxxxxxxx I n R1 R2 R3 ... Rn

I : numéro de la rubrique calculée
n : nombre de rubriques additionnées / soustraites
Ri : numéro des rubriques, avec signe (-) pour soustraire.

Multiplication d'une rubrique par une constante

Chaque terme de la nouvelle rubrique I est égal au terme correspondant de la rubrique J, multiplié par une constante C.

WORK xxxxxxxxxxxx I J C

Multiplication de deux rubriques

Chaque terme de la nouvelle rubrique I est formé par le produit, terme à terme, des rubriques J1 et J2.

MULT xxxxxxxxxxxx I J1 J2

Division de deux rubriques

Le principe est le même que pour la multiplication, les valeurs de J1 étant divisées par celles de J2.

DIVI xxxxxxxxxxxx I J1 J2

Cumul des valeurs d'une rubrique

Les valeurs Vi de la nouvelle rubrique I correspondent aux valeurs cumulées jusqu'à i de la rubrique source J.

CUML xxxxxxxxxxxx I J

Calcul d'une rubrique d'amortissement

Les termes de la rubrique déterminée I contiennent les sommes des amortissements calculés d'une part sur les montants à amortir (rubrique J) et d'autre part, au moyen des taux d'amortissement contenus dans la rubrique K.

AMOR xxxxxxxxxxxx GENRE I J K

Le GENRE d'amortissement peut être :
- LINE pour un amortissement linéaire
- BALA " " " dégressif
- DIGI " " " sum of the years digits (K=0)

Calcul d'une rubrique d'impôts

L'impôt est appelé "négatif" (NEGA) ou "positif" (POSI), suivant que l'investissement vient s'ajouter à une entreprise préexistante ou non (l'hypothèse est que l'entreprise fait des bénéfices et que le projet d'investissement pourrait réduire ces bénéfices, donc la charge totale d'impôts).

IMPO xxxxxxxxxxxx I J al nt FM L1 T1 L2 T2 ...

I : numéro de la rubrique déterminée
J : numéro de rubrique imposable
al : année limite de compensation fiscale (si impôts NEGA)
nt : nombre de tranches d'impôts
FM : facteur multiplicatif de chaque limite
Ti : taux d'impôt valable jusqu'à la limite Li

Décalage d'une rubrique

La rubrique déterminée I correspond à la rubrique de référence J dont les valeurs sont décalées a gauche ou a droite de N positions. Les places laissées vides sont comblées par des zéros.

SHIF xxxxxxxxxxxx I J SENS N

SENS = 1 pour décalage à gauche
2 " " " droite

Calcul du taux de rendement interne et de la période de recouvrement

Cet ordre ne définit aucune rubrique. Son appel commande le calcul du taux et de la période. Pour des raisons particulières, il arrive que ces deux résultats ne soient pas calculés sur les mêmes valeurs. Trois informations sont donc nécessaires.

I : numéro de la rubrique "flux de fonds net"
J : " " " " "décaissements"
K : " " " " "encaissements"

Forme générale :

RORR I J K

Lancement du traitement

Le seul ordre STOP, sans paramètres, ordonne le traitement de tout ce qui précède, y compris les impressions.

5.4 Commande des impressions

Impression d'un titre et mise en page

L'ordre TITR, suivi de 76 caractères, commande les exécutions suivantes :

- saut de page
- impression des 76 caractères formant le titre
- sous-lignage du titre
- numérotation des années.

Impression d'une rubrique

L'ordre d'impression permet trois choses :

- impression d'une rubrique (libellé et valeurs)
- sous-lignage
- saut de lignes

Forme générale :

PRIN ni Fact I1 I2 I3 ... Ini

ni : nombre total d'impressions
Fact : facteur multiplicatif des valeurs (permet de passer d'une unité à une autre)
Ii : impressions

Si Ii est : positif, alors impression de la rubrique
nul , alors sous-lignage
négatif, alors saut de ligne(s)

5.5 Commandes de la simulation

Début et fin de la boucle de simulation

Afin de limiter chaque itération au minimum de traitement nécessaire, l'utilisateur positionne lui-même les limites de la boucle. Les ordres d'impression, surtout, ne devraient pas être inclus dans la boucle (le modèle n'imprimerait tout de même rien, mais il y aurait perte de temps).
Le premier ordre exécutable de la boucle doit être précédé de l'ordre DEBS (début de simulation). L'ordre FINS (fin de simulation) doit être placé juste après l'ordre RORR.

Données pour la simulation

Cet ordre, placé tout à la fin des données, fourni les paramètres nécessaires à la simulation.

DATS X Y

X : amorce du générateur de nombres aléatoires
Y : nombre de rubriques de base (simulables)

Pour chaque rubrique de base, il faut donner trois informations :

- le numéro de la rubrique
- la limite mini de variation (exprimée en %)
- la limite maxi de variation (" " ")

Lancement de la simulation

Cet ordre doit être placé juste avant le STOP.

GO S xx (xx = nombre d'itérations)

Après cette énumération un peu aride, passons à un exemple où le lecteur pourra suivre le processus, l'entrée des données, les commandes de la logique, et tout le fonctionnement.

5.6 Exemple

La firme XYZ projette le lancement d'un produit nouveau. Dans ce but, XYZ veut créer une société indépendante, dont voici les prévisions.

Horizon d'étude : 10 années.

Volume de ventes : 1.2 millions de pièces la première année, en augmentation de 200'000 par an.

Prix de vente : fr 5.- l'unité, sans changement

Prix de revient : matières : 1.50 les 5 premières années, puis 1.40 les années suivantes
main d'oeuvre : 1.50, sans changement

Autres frais variables : 10% du chiffre d'affaires

Dépenses marketing : 100'000 la première année, en augmentation de 10'000 par an

Frais fixes : 150'000, augmentant de 5% l'an

Les investissements se répartissent en trois groupes :

- bâtiments : 2.5 millions, amortis linéairement à 4% l'an
- machines : 6.5 " , " " " 15% "
- outillage : 1.0 " , " " " 30% "

Ces investissements sont payables pour moitié la première année et pour moitié la deuxième.

Des frais généraux grèveront le résultat de 300'000 la première année, en augmentation de 5% l'an jusqu'à 400'000, puis en augmentation de 10%.

Le taux d'imposition est constant de 40% sur le bénéfice net.

Pour le calcul du flux de fonds actualisé, XYZ entend ne pas tenir compte d'une valeur résiduelle quelconque, ni du capital circulant.

Enfin, chaque estimation est sujette à des variations, supposées par souci de simplification, à 20% en plus ou en moins du chiffre prévu.

La codification d'un tel projet, fort simple, tient sur peu de cartes perforées. Les pages qui suivent présentent l'input du modèle (testé par l'ordinateur et reproduit), puis l'output et les résultats de la simulation (100 itérations).

TEST DE L'IMPUT

ORDRE	VARIABLE	PARAMETRES									
NOMBRE D'ANNEES	10										
DEBS		DEBUT DE SIMULATION									
DELT	VOLUME VT	1	1200.00	200.00							
DELT	PRIX VENTE	2	5.00	0.00							
MULT	CHIF D'AFF	3	1	2							
LECT	C.PR.A/UNITE	74	3.00 2.90	3.00	3.00	3.00	3.00	2.90	2.90	2.90	2.90
MULT	COUT MP*MDO	6	74	1							
WORK	AUTRES VARBL	5	3	0.10							
DELT	FRAIS MKTG	8	100.00	10.00							
CROI	FRAIX FIXES	9	150.00	1	5.*10000000000.						
LECT	INVEST.BAT.	10	1250.00 0.00	1250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LECT	TAUX BAT.	11	4.00 0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AMOR	AMORT S/BAT	LINE	12	10	11						
LECT	INVEST MACH	13	3250.00 0.00	3250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LECT	TAUX MACH	14	15.00 0.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AMOR	AMORT S/MACH	LINE	15	13	14						
LECT	INVEST OUTIL	16	500.00 0.00	500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LECT	TAUX OUTILL.	17	30.00 0.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AMOR	AMORT S/OUT.	LINE	18	16	17						
CALC	AMORT TOTAL	19	3	12	15	18					
CROI	FRAIS COMM	21	300.00	2	5.	400.	10.	600.			
CALC	BENEFICE BRT	22	7	3	-4	-5	-8	-9	-19	-21	
IMPO	IMP S/BENEF.	NEGA	23	22	0	1	1.*10000000000.0	40.0			
CALC	BENEFICE NET	24	2	22	-23						
CALC	INVEST TOTAL	40	3	10	13	16					
CALC	CASH INFLOW	42	2	24	19						
CALC	NET CASHFLOW	43	2	42	-40						

RORR 43 40 42

```
FINS                FIN DE SIMULATION
TITR                                  COMPTES DE PERTES & PROFITS ET DE CASH F      (000 FRANCS)
PRIN      19      1.0000000   1   2   3   0   4   5   8   9  19  21  22   0  23  24  -5  19  42  40  43
TITR                                  AMORTISSEMENTS              (000 FRANCS)
PRIN      15      1.0000000  10  11  12   0  13  14  15   0  16  17  18   0  -5  19   0
DATS          0.98765432         12
DATA       1     -20.00      20.00          0     0.0000
DATA       2     -20.00      20.00          0     0.0000
DATA      74     -20.00      20.00          0     0.0000
DATA       8     -20.00      20.00          0     0.0000
DATA       9     -20.00      20.00          0     0.0000
DATA      10     -20.00      20.00          0     0.0000
DATA      13     -20.00      20.00          0     0.0000
DATA      16     -20.00      20.00          0     0.0000
DATA      21     -20.00      20.00          0     0.0000
DATA      11       0.00       0.00          0     0.0000
DATA      14       0.00       0.00          0     0.0000
DATA      17       0.00       0.00          0     0.0000
GO S                100
STOP
```

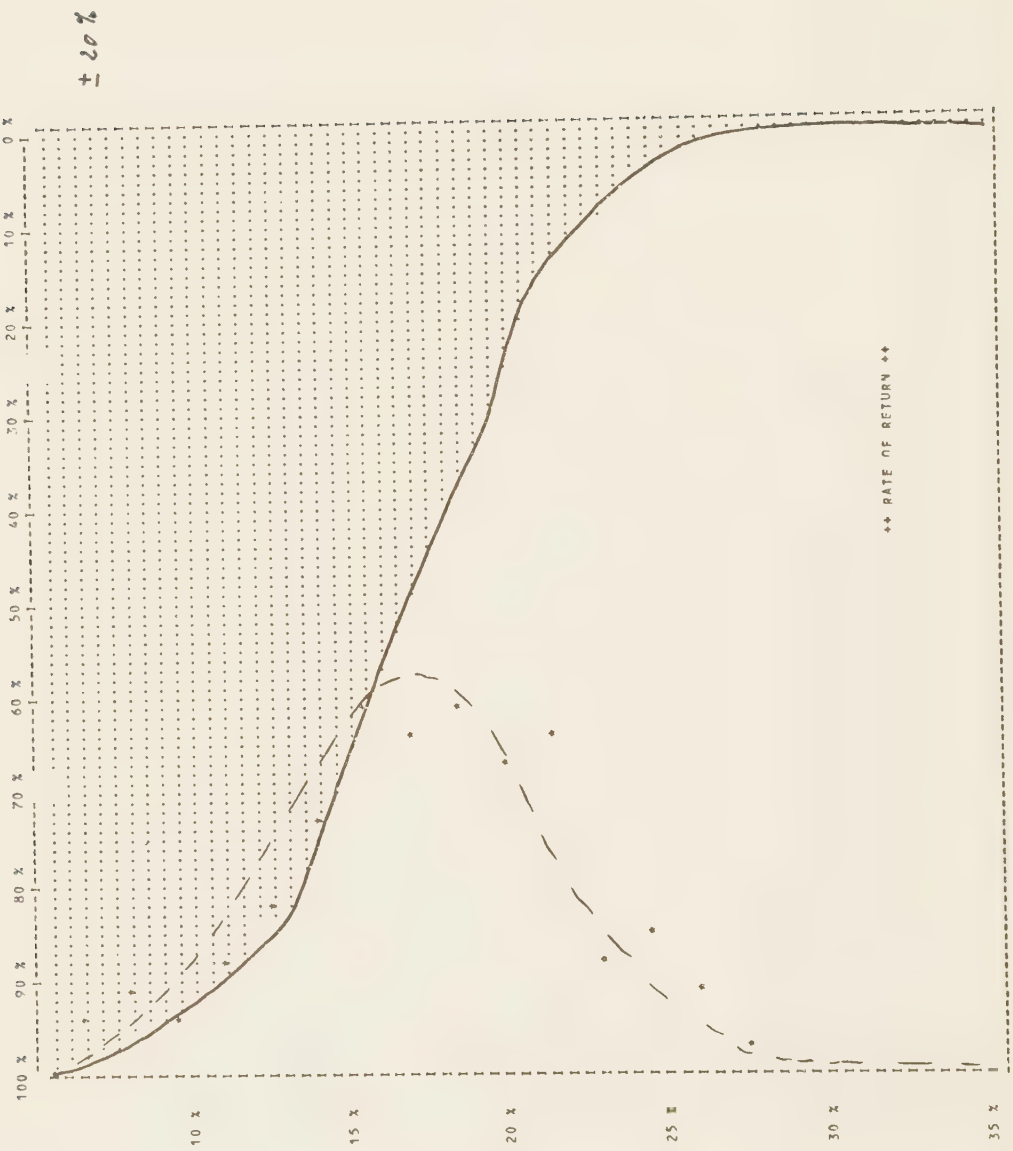
COMPTES DE PERTES & PROFITS ET DE CASH FLOW (EN FRANCS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VOLUME VT	1200.	1400.	1600.	1800.	2000.	2200.	2400.	2600.	2800.	3000.
PRIX VENTE	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.
CHIF D'AFF	6000.	7000.	8000.	9000.	10000.	11000.	12000.	13000.	14000.	15000.
COUT MP+MDO	3600.	4200.	4800.	5400.	6000.	6380.	6960.	7540.	8120.	8700.
AUTRES VARBL	600.	700.	800.	900.	1000.	1100.	1200.	1300.	1400.	1500.
FRAIS MKTG	100.	110.	120.	130.	140.	150.	160.	170.	180.	190.
FRAIS FIXES	150.	158.	165.	174.	182.	191.	201.	211.	222.	233.
AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
FRAIS COMM	300.	315.	331.	347.	365.	383.	402.	442.	486.	535.
BENEFICE BRT	563.	143.	409.	774.	1188.	1721.	2164.	2912.	3492.	3742.
IMP S/BENEF.	225.	57.	164.	310.	475.	688.	866.	1165.	1397.	1497.
BENEFICE NET	337.	85.	245.	464.	713.	1032.	1299.	1747.	2095.	2245.

AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
CASH INFLOW	1025.	1460.	1620.	1739.	1838.	2107.	2211.	2172.	2195.	2345.
INVEST TOTAL	5000.	5000.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
NET CASHFLOW	-3975.	-3539.	1620.	1739.	1838.	2107.	2211.	2172.	2195.	2345.

AMORTISSEMENTS (000 FRANCS)

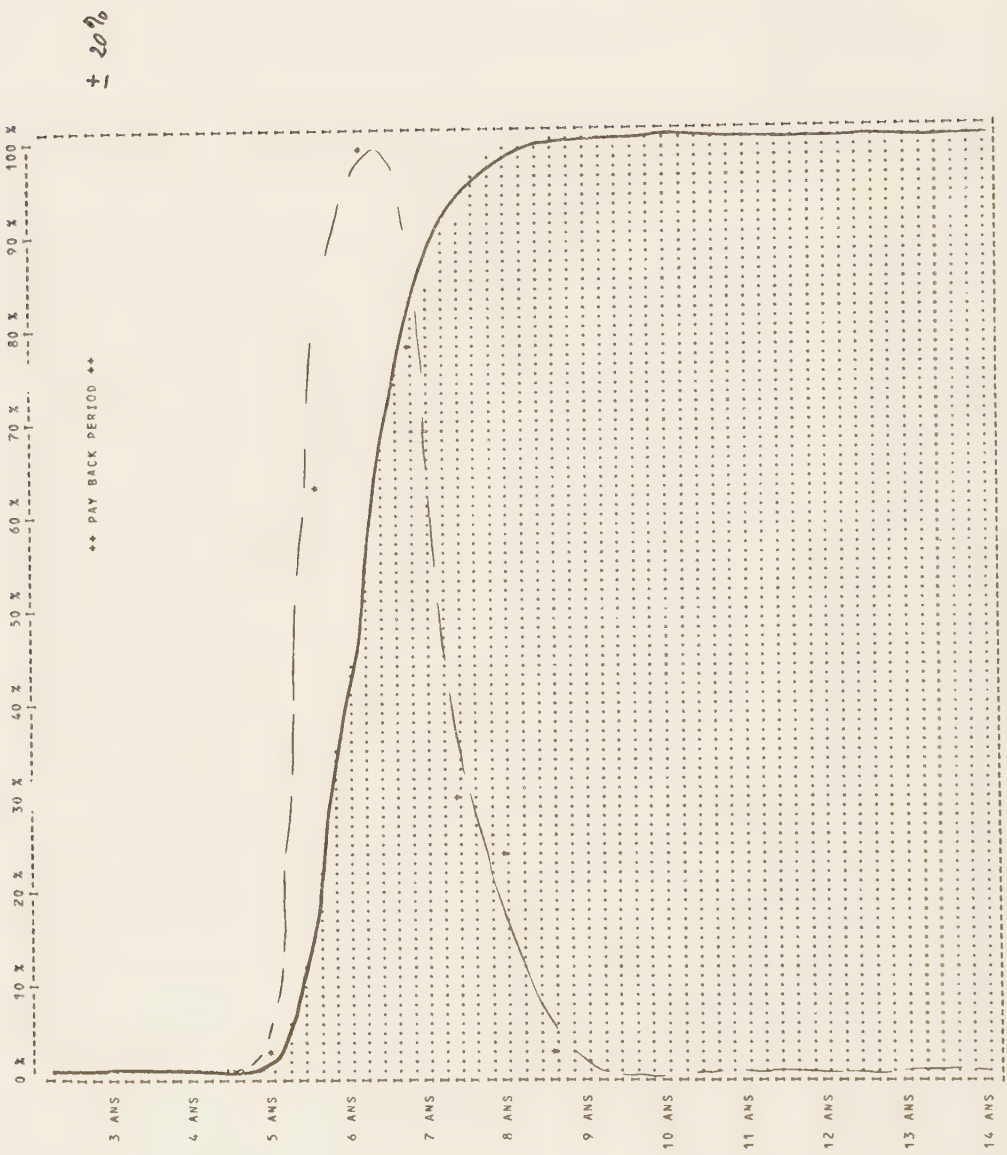
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INVEST.BAT.	1250.	1250.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
TAUX BAT.	4.	4.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
AMORT S/BAT	50.	100.	100.	100.	100.	100.	100.	100.	100.	100.
INVEST MACH	3250.	3250.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
TAUX MACH	15.	15.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
AMORT S/MACH	487.	975.	975.	975.	975.	975.	813.	325.	0.	0.
INVEST OUTIL	500.	500.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
TAUX OUTILL.	30.	30.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
AMORT S/OUT.	150.	300.	300.	200.	50.	0.	0.	0.	0.	0.
AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.


± 20 %
0 %
10 %
20 %
30 %
40 %
50 %
60 %
70 %
80 %
90 %
100 %
++ RATE OF RETURN ++
10 %
15 %
20 %
25 %
30 %
35 %

RATE OF RETURN AND PAY-BACK PERIOD

RATE OF RETURN =16.97

PAY-BACK PERIOD 6.09


+ 20 %
0 %
10 %
20 %
30 %
40 %
50 %
60 %
70 %
80 %
90 %
100 %
++ PAY BACK PERIOD ++
3 ANS
4 ANS
5 ANS
6 ANS
7 ANS
8 ANS
9 ANS
10 ANS
11 ANS
12 ANS
13 ANS
14 ANS

RESULTATS DE LA SIMULATION

± 2σ %

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.6438	6.1818
E.Q.M.	4.5052	0.7377

NOMBRE D'ITERATIONS 100

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD	
60. % DE CHANCE	ENTRE 12.85 %	ET20.44 %	ENTRE 5.56 ANS	ET 6.80 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 10.87 %	ET22.42 %	ENTRE 5.24 ANS	ET 7.13 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 9.23 %	ET24.05 %	ENTRE 4.97 ANS	ET 7.40 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 7.81 %	ET25.47 %	ENTRE 4.74 ANS	ET 7.63 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 5.04 %	ET28.24 %	ENTRE 4.28 ANS	ET 8.08 ANS

DISTRIBUTION DES RESULTATS

0.05500000	1
0.06000000	1
0.06500000	0
0.07000000	0
0.07500000	1
0.08000000	2
0.08500000	1
0.09000000	0
0.09500000	1
0.10000000	2
0.10500000	1
0.11000000	1
0.11500000	2
0.12000000	4
0.12500000	0
0.13000000	1
0.13500000	3
0.14000000	5
0.14500000	4
0.15000000	5
0.15500000	4
0.16000000	4
0.16500000	4
0.17000000	4
0.17500000	4
0.18000000	6
0.18500000	3
0.19000000	3
0.19500000	3
0.20000000	5
0.20500000	5
0.21000000	4
0.21500000	3
0.22000000	2
0.22500000	2
0.23000000	0
0.23500000	3
0.24000000	2
0.24500000	0
0.25000000	1
0.25500000	1
0.26000000	1
0.26500000	1
0.27000000	0
0.27500000	0
0.28000000	0
0.28500000	0
0.29000000	0
0.29500000	0
0.30000000	0
0.30500000	0
0.31000000	0
0.31500000	0
0.32000000	0
0.32500000	0
0.33000000	0
0.33500000	0
0.34000000	0
0.34500000	0
0.35000000	0

0.00	0
0.00	0
0.00	0
0.00	0
0.00	0
0.00	0
3.40	0
3.60	0
3.80	0
4.00	0
4.20	0
4.40	0
4.60	0
4.80	1
5.00	0
5.20	5
5.40	6
5.60	10
5.80	13
6.00	9
6.20	11
6.40	12
6.60	9
6.80	5
7.00	3
7.20	6
7.40	1
7.60	5
7.80	2
8.00	1
8.20	0
8.40	0
8.60	1
8.80	0
9.00	0
9.20	0
9.40	0
9.60	0
9.80	0
10.00	0
10.20	0
10.40	0
10.60	0
10.80	0
11.00	0
11.20	0
11.40	0
11.60	0
11.80	0
12.00	0
12.20	0
12.40	0
12.60	0
12.80	0
13.00	0
13.20	0
13.40	0
13.60	0
13.80	0
14.00	0

PROBABILITES CUMULEES

LIMITE RATE	PROB.CUM	LIMITE PBP	PROB.CUM
0.05500000	1	0.00	0
0.06000000	2	0.00	0
0.06500000	2	0.00	0
0.07000000	2	0.00	0
0.07500000	3	0.00	0
0.08000000	5	0.00	0
0.08500000	6	3.40	0
0.09000000	6	3.60	0
0.09500000	7	3.80	0
0.10000000	9	4.00	0
0.10500000	10	4.20	0
0.11000000	11	4.40	0
0.11500000	13	4.60	0
0.12000000	17	4.80	1
0.12500000	17	5.00	1
0.13000000	18	5.20	6
0.13500000	21	5.40	12
0.14000000	26	5.60	22
0.14500000	30	5.80	35
0.15000000	35	6.00	44
0.15500000	39	6.20	55
0.16000000	43	6.40	67
0.16500000	47	6.60	76
0.17000000	51	6.80	81
0.17500000	55	7.00	84
0.18000000	61	7.20	90
0.18500000	64	7.40	91
0.19000000	67	7.60	96
0.19500000	70	7.80	98
0.20000000	75	8.00	99
0.20500000	80	8.20	99
0.21000000	84	8.40	99
0.21500000	87	8.60	100
0.22000000	89	8.80	100
0.22500000	91	9.00	100
0.23000000	91	9.20	100
0.23500000	94	9.40	100
0.24000000	96	9.60	100
0.24500000	96	9.80	100
0.25000000	97	10.00	100
0.25500000	98	10.20	100
0.26000000	99	10.40	100
0.26500000	100	10.60	100
0.27000000	100	10.80	100
0.27500000	100	11.00	100
0.28000000	100	11.20	100
0.28500000	100	11.40	100
0.29000000	100	11.60	100
0.29500000	100	11.80	100
0.30000000	100	12.00	100
0.30500000	100	12.20	100
0.31000000	100	12.40	100
0.31500000	100	12.60	100
0.32000000	100	12.80	100
0.32500000	100	13.00	100
0.33000000	100	13.20	100
0.33500000	100	13.40	100
0.34000000	100	13.60	100

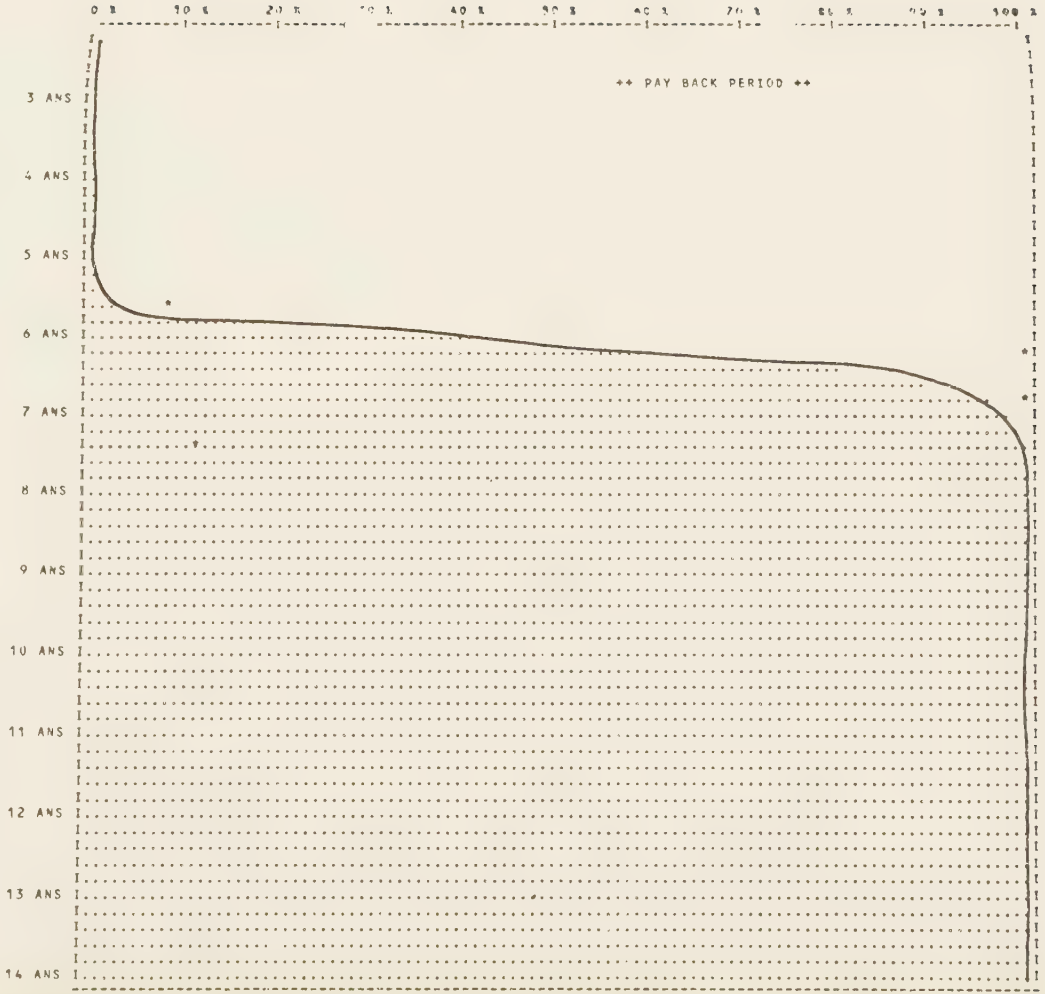
L'analyste financier de XYZ désire maintenant connaître l'influence des limites de fluctuation. Dans ce but, il réduit les fourchettes à 10% puis à 5%. Les résultats obtenus font clairement ressortir la proportionnalité entre les limites de fluctuation et la dispersion du résultat.

Remarque

Les deux graphiques doivent être interprêtés de la manière suivante :
La courbe normale (en cloche) représente la distribution de fréquence du résultat.
La courbe en S représente la distribution de fréquence cumulée du résultat (de 0% à 100% de probabilité).

Plus la courbe de distribution cumulée est plate , plus l'espace de solution est restreint, donc moins il y a de risques.

± 10 %
100 %
90 %
80 %
70 %
60 %
50 %
40 %
30 %
20 %
10 %
0 %
10 %
15 %
20 %
25 %
30 %
35 %
** RATE OF RETURN **


0 %
10 %
20 %
30 %
40 %
50 %
60 %
70 %
80 %
90 %
100 %
++ PAY BACK PERIOD ++
3 ANS
4 ANS
5 ANS
6 ANS
7 ANS
8 ANS
9 ANS
10 ANS
11 ANS
12 ANS
13 ANS
14 ANS

± 10%

RESULTATS DE LA SIMULATION

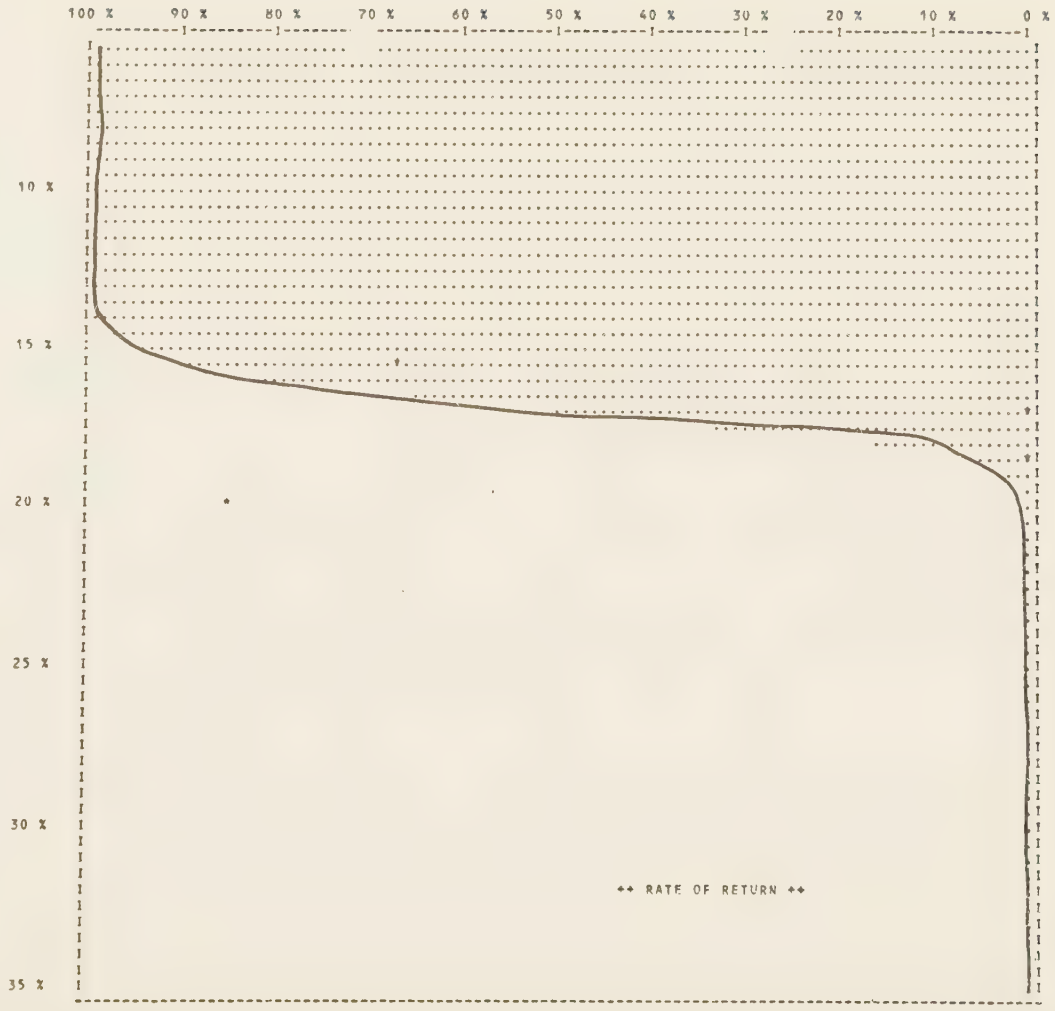
± 10%

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.8031	6.1233
E.Q.M.	2.1961	0.3534

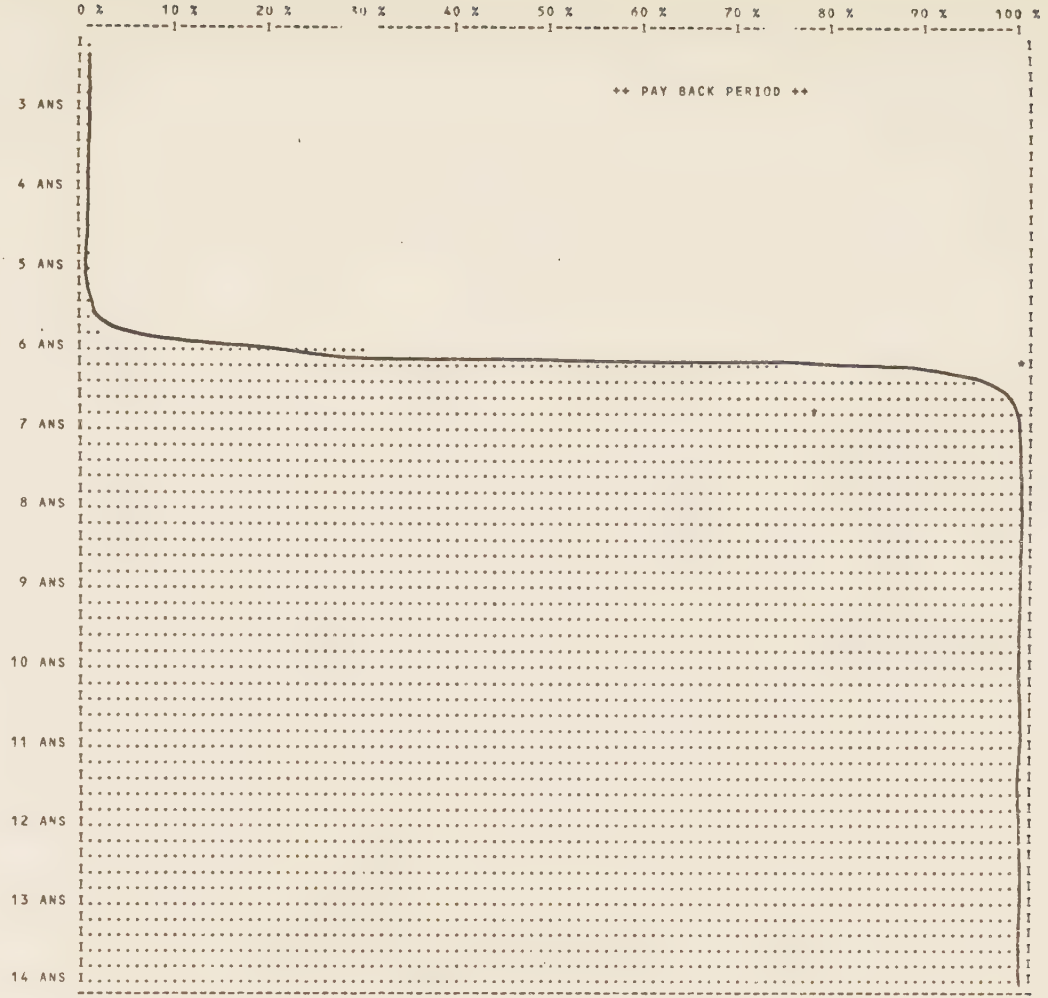
NOMBRE D'ITERATIONS 100

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 14.95 %	ET18.65 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.83 ANS	ET 6.42 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 13.99 %	ET19.62 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.67 ANS	ET 6.58 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 13.19 %	ET20.42 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.54 ANS	ET 6.70 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 12.50 %	ET21.11 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.43 ANS	ET 6.82 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 11.15 %	ET22.46 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.21 ANS	ET 7.03 ANS



± 5%


0 %
10 %
20 %
30 %
40 %
50 %
60 %
70 %
80 %
90 %
100 %
++ PAY BACK PERIOD ++
3 ANS
4 ANS
5 ANS
6 ANS
7 ANS
8 ANS
9 ANS
10 ANS
11 ANS
12 ANS
13 ANS
14 ANS

± 5%

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.8870	6.1037
E.Q.M.	1.0903	0.1718

± 5 %.

NOMBRE D'ITERATIONS 100

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.97 %	ET17.80 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.96 ANS	ET 6.25 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.49 %	ET18.28 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.88 ANS	ET 6.32 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 15.09 %	ET18.68 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.82 ANS	ET 6.39 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.75 %	ET19.02 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.77 ANS	ET 6.44 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 14.08 %	ET19.69 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.66 ANS	ET 6.55 ANS

L'analystefinancier désire enfin connaître la sensibilité de son projet aux différents paramètres constitutifs de ses comptes.
Il étudie, cas après cas, neuf sensibilités différentes.

Les résultats imprimés par l'ordinateur figurent dans l'annexe A. La page suivante en donne un condensé.

ETUDE DE SENSIBILITE

Base : taux de rendement interne (TRI) : 16.97%
période de recouvrement (PDR) : 6.09 années

m o d i f i c a t i o n	TRI	% vari	PDR	% vari
Chiffe d'affaires + 10%	20.39	+20%	5.69	- 7%
Chiffre d'affaires -4%	12.90	-24%	6.67	+10%
Volume -200 par année	13.32	-22%	6.64	+ 9%
Matières Premières et Main d'oeuvre + 10%	10.22	-40%	7.14	+17%
Matières Premières et Main d'oeuvre - 5%	20.26	+20%	5.69	- 7%
Investissements + 10%	14.55	-14%	6.42	+ 5%
Frais Marketing + 10%	16.81	--	6.12	--
Frais fixes + 10%	16.76	--	6.12	--
Frais généraux + 10%	16.54	- 3%	6.15	+ 1%

En résumé, l'analyste peut donc transmettre à la direction de XYZ un sommaire de son étude contenant les informations suivantes :

VALEURS

Taux de rendement interne	:	17%
Période de recouvrement	:	6 années
Montant à investir	:	10 millions, répartis également sur les deux premières années.

SENSIBILITE

Le projet est très sensible à des variations du chiffre d'affaires, du prix de revient et du montant investi.

STABILITE

Avec des marges de fluctuation de 20% sur les prévisions, le résultat apparaît instable (le taux de rendement du projet a 9 chances sur 10 de se trouver entre 9 et 24%, et 6 chances sur 10 entre 13 et 20%). Par contre, si les prévisions pouvaient être garanties avec une précision de 10% au plus, la stabilité serait tout à fait acceptable (6 chances sur 10 entre 15 et 19%, 9 chances sur 10 entre 12½ et 21%).

5.7. Caractéristiques techniques du modèle

Lois de ditribution

Les lois de distribution choisies pour la simulation des rubriques de base sont des lois normales. En fait, comme les limites de variation peuvent ne pas être symétriques, il s' agit, pour chaque rubrique, de deux demi-normales. Dans ce type de loi, les limites ne sont pas absolues. Elles ont été fixées de manière à ce que la probabilité d'occurence extérieur aux limites soit de 2.5% (1.25% de chaque côté).

Test des données et des commandes

La codification de l'input nécessite, comme pour tout autre programme, une certaine rigueur. Or l'homme ne possède que très incomplètement cette rigueur. Afin de pallier à cet inconvénient, le modèle opère lui-même un test de l'information qui lui est fournie. Ainsi un ordre inconnu ou un numéro de rubrique impossible serait automatiquement refusé, avec indication du genre de l'erreur et de son emplacement.

Le programme

Le programme a été écrit en FORTRAN IV, sur un ordinateur ICL. Le compilateur ne permet pas d'optimisation. La taille du programme avoisine 13 K mots, et six fichiers sont utilisés en accès direct. Le nombre maximum de rubriques a été fixé à 200, mais ce nombre peut être augmenté en tout temps.

L'horizon économique peut aller jusqu'à quinze ans. En ce qui concerne le traitement, la durée peut être étendue sans limite, mais l'impression des résultats pose un problème de présentation. Ce problème n'est cependant pas majeur.

Le traitement

Nombre d'itérations pour la simulation

Aucune base sérieuse ne permet de fixer le nombre d'itérations sans connaître au moins la structure des comptes. Suivant le nombre de rubriques de base et les limites de variation, il faudra peut-être 100 à 500 itérations, voire même plus.

Temps de traitement sans simulation

Lors d'un premier test, sans simulation, le traitement est très court. Après la lecture des cartes, l'ordinateur fait le test des données et prépare les fichiers. La partie traitement pure et les impressions suivent. Dans les limites actuelles du modèle, un seul traitement ne dépasse pas 5 minutes, et oscille généralement entre 2 et 3 minutes.

Traitement avec simulation

Une approximation permet de chiffrer à environ 0.4 secondes par itération-rubrique le temps nécessaire au traitement. Ainsi, pour la simulation d'un problème codifié sur 50 cartes qui doit faire 100 itérations, il faut environ 35 minutes.

Remarque

La durée exprimée ci-dessus est évidemment fonction de la machine utilisée. Sur une grande machine, disposant de périphériques plus rapides, comme une IBM 370 /155 ou CDC 6600, le temps de traitement serait probablement réduit d'un facteur 10, peut-être plus encore.

C H A P I T R E VI

LE PROBLEME DES VARIABLES LIEES ENTRE ELLES

Dans les trois chapitres qui viennent, nous allons étudier les liaisons souhaitables entre les fluctuations de différentes variables.

Soit A(i,j) la valeur générée d'une rubrique i à la période j. D'une manière générale, on peut poser que la valeur de cette variable ne fluctue pas aléatoirement selon sa loi de distribution propre, mais en fonction des fluctuations des autres variables A du tableau de flux de fonds. Mathématiquement, cela revient à dire que :

$$A(i,j) = f\left[A(1,1), A(1,2), \ldots, A(1,n), \ldots, A(m,n) \right]$$

Pratiquement, il est impossible de déterminer la fonction qui détermine chaque variable A(i,j). D'autre part, cela supposerait que :

- nous disposons de séries historiques qui permettent de tirer certaines lois quant aux fluctuations des variables
- ces lois resteront valables dans l'avenir.

Afin de ne pas omettre la dépendance des variables et de leur fluctuation entre elles, nous avons résolu le problème dans un cadre restreint. Cette solution consiste en deux dépendances de <u>type linéaire</u>, faute de disposer de mieux.

1. Fondement logique

Lors d'une étude de simulation, telle que décrite au chapitre précédent, une hypothèse importante a été faite, celle de l'indépendance de chaque variable par rapport à toutes les autres. Celà est-il juste? Est-il raisonnable de laisser travailler le modèle dans de telles conditions ? L'estimation du risque est-elle réaliste, trop réduite ou exagérée? Pour répondre à ces questions, nous allons prendre l'exemple d'un compte de Pertes & Profits simpliste, pour une seule année :

Chiffre d'affaires	MINI : 800	PROBABLE: 1000	MAXI: 1200
Matières premières	200	250	300
Main d'oeuvre	240	300	360
Dépenses Marketing	150	200	250
Bénéfice	210	250	290

Supposons que, d'après le générateur de nombres aléatoires, nous obtenions un chiffre d'affaires voisin du maximum et des chages toutes vosines du minimum. A la limite nous obtenons un bénéfice maxi de 1200 - 590 = 610. Dans le cas contraire, nous aurions obtenu une perte maxi de 800 - 910 = 110. Rappelons tout de même que la probabilité d'atteindre ces extrêmes est quasi nulle, même sur une seule année. Cependant, nous percevons le fond du problème, celui de l'indépendance de fluctuation des différentes rubriques.

Si maintenant nous tentons de nous mettre dans les conditions du modèle, force nous est de relever que le 67% des valeurs "tirées" seront dans la fourchette prévision + 1 sigma et prévision - 1 sigma. En clair, puisque les limites sont fixées à 2.24 sigma, les deux tiers des valeurs seront dans la fourchette suivante :

	Prob - 1 sig.	Probable	Prob + 1 sig.
Chiffre d'affaires	910	1000	1090
Matières premières	228	250	272
Main d'oeuvre	273	300	327
Dépenses Marketing	178	200	222
Bénéfice	231	250	269

Si, d'une part, la plus grande partie des valeurs est dans l'intervalle 250 + ou - 7.5% et que, d'autre part, la probabilité d'atteindre les limites est faible (puisqu'il s'agit d'une suite de nombres aléatoires, donc tous différents les uns des autres) et qu'enfin ces calculs ne concernent qu'une seule année, il est très probable que les résultats soient peu éloignés les uns des autres. En d'autres termes, l'évaluation du risque ne sera peut-être pas très satisfaisante.

Du point de vue logique, maintenant, est-il raisonnable d'admettre une indépendance totale entre les différentes rubriques d'un compte de Pertes & Profits? Certes non. Si la conjoncture est favorable à notre entreprise, le chiffre d'affaires augmentera. Mais nos charges ne diminueront assurément pas du fait de l'accroissement de nos ventes. Au contraire, si la conjoncture est à la hausse et permet une augmentation de nos ventes ou de notre prix de vente, nos charges varieront certainement dans le même sens, mais pas nécessairement dans la même mesure.

Il importe maintenant de bien définir quelles sont les variables indépendantes et dépendantes, et quelle est la nature de leur liaison.

Les variables indépendantes sont rares, car la majeure partie d'entre elles découlent souvent d'un paramètre unique : la conjoncture. Distinguons d'emblée la conjoncture de l'inflation, problème qui sera traité ultérieurement (chapitre IX). En pratique, la meilleure façon de tenir compte de la conjoncture est de la considérer comme cause des modifications du chiffre d'affaires. En ce sens, les rubriques dépendantes seront fonction du chiffre d'affaires plutôt que de la conjoncture.

Les variables dépendantes sont à déterminer par l'utilisateur. Si les ventes augmentent, les frais de main d'oeuvre, par exemple, augmenteront aussi. Dans certains cas particuliers, il se peut qu'à une augmentation de la valeur d'une rubrique corresponde une diminution de la valeur d'une autre rubrique (on peut supposer par exemple, que les frais fixes par unité diminuent lorsque le volume de vente s'accroît). Enfin, certaines variables sont sans relation aucune avec les autres variables (tel le prix de certaines matières premières, comme le pétrole tout récemment encore).

2. Dépendance

La nature de la liaison entre deux rubriques est chose délicate à déterminer. Afin de ne pas sophistiquer à l'extrême un modèle déjà relativement complexe, et dans l'impossibilité de déterminer un autre genre de laiaison, nous avons utilisé une dépendance linéaire. De cette manière, l'utilisateur prescrit que telle rubrique est liée à telle autre rubrique à tant %. Le complément à 100% reste une valeur aléatoire, donc absolu-

ment indépendante de n'importe quelle autre rubrique. Ce coefficient de dépendance intervariable s'approche de la notion de corrélation.

Techniquement, il importe de choisir une fluctuation de la rubrique X en fonction, d'une part, de la fluctuation de la rubrique Y et, d'autre part, en fonction d'une valeur aléatoire. Pour ce faire, la meilleure possibilité d'intervention se situe au niveau du nombre aléatoire utilisé par la fonction inverse. Voici le méchanisme :
Soit RNB = 0.125 le nombre aléatoire indépendant de la rubrique X pour la période envisagée. Soit RNG = 0.850 le nouveau nombre aléatoire généré. Sachant que le coefficient de dépendance β = 0.90, nous construisons le nouveau "nombre aléatoire" RNX au moyen de la formule :

$$RNX = RNB \times \beta + RNG \times (1. - \beta)$$

En d'autres termes, RNX est égal à la moyenne pondérée de RNB et RNG, la pondération de RNB étant β, d'où une pondération complémentaire à l'unité pour RNG.

Exemple : RNX = (0.125 x 0.90) + (0.10 x 0.850) = 0.1975

Nous notons tout de suite que RNX est beaucoup plus proche de RNB que de RNG, à cause du coefficient élevé (0.90).

Si maintenant nous supposons que le coefficient de dépendance est négatif (β = -0.90), nous obtenons :

$$RNX = (\beta) \times (1. - RNB) + (1. + \beta) \times RNG$$

Exemple : RNX = 0.90 x (1. - 0.125) + 0.10 x 0.850 = 0.8725

Nous notons maintenant un écartement sensible de RNX par rapport à RNB.

En maintenant RNB = 0.125 et RNG = 0.850, le tableau ci-dessous donne un aperçu des valeurs de RNX en fonction du coefficient de dépendance et de son signe.

Signe \ β	0.0	0.1	0.5	0.9	1.0
+	0.8500	0.7775	0.4875	0.1975	0.1250
-	0.8500	0.8525	0.8625	0.8725	0.8750

Remarques :

- si β est positif, RNX est compris entre RNB et RNG
- si β est négatif, les limites sont RNG et (1. - RNG)
- la linéarité de la dépendance implique que les différences du coefficient soient proportionnelles aux différences des RNX correspondants.

La dépendance linéaire des valeurs de deux rubriques n'est certes pas la seule possible. N'importe quelle autre façon plus évoluée est envisageable. Cependant, le problème de la justification logique se pose. La dépendance linéaire est facilement compréhensible par l'interprétation de la corrélation, donnée sous forme d'un pourcent. Enfin, relevons qu'une fonction de dépendance plus complexe exigerait un temps de traitement sur ordinateur plus long, du fait de la grande fréquence de ces calculs.

3. Application

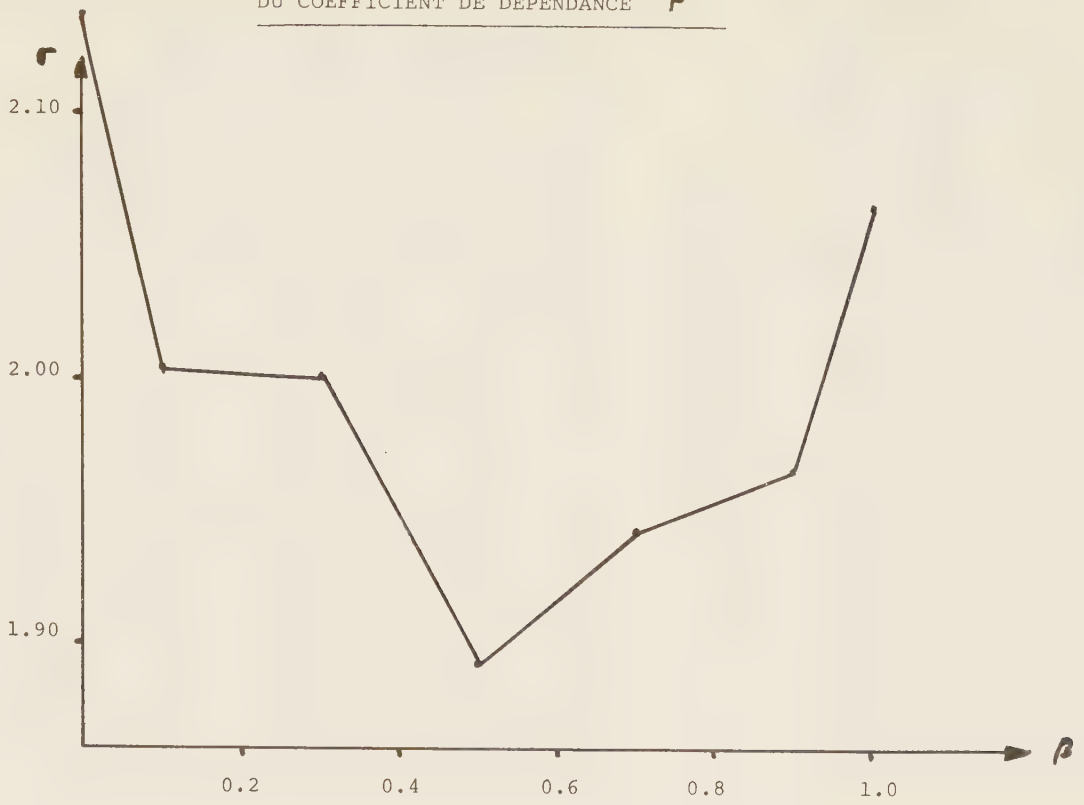
Dans la pratique, le choix des variables indépendantes est limité. Le chiffre d'affaires servira usuellement de rubrique de base (indépendante), à moins qu'une rubrique de conjoncture ne soit introduite. Relevons que le modèle permet l'usage d'autant de rubriques dépendantes que désiré, seules les rubriques indépendantes devant être spécifiées. Ces rubriques sont limitées à trois pour des raisons de simplification, mais rien ne s'oppose à l'augmentation de ce nombre.

En reprenant l'exemple de la firme XYZ (chapitre V, par. 6), nous posons que la rubrique 1 (volume de ventes) est la rubrique indépendante. La rubrique 2 (prix de vente) est laissée sans liaison aucune, tandis que les fluctuations des autres rubriques de base sont liées aux fluctuations de la rubrique 1 (les rubriques 11, 14 et 17 exceptées, puisque non simulées). Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus en fonction de la valeur du coefficient β . Le graphique suivant reproduit l'évolution de la dispersion du taux de rendement interne en fonction de β .

EVOLUTION DU RESULTAT EN FONCTION DE

β	sigma(TRI)	$\bar{X}$(TRI)	écart(TRI)	sigma(PDR)	$\bar{X}$(PDR)	écart(PDR)
0.00	2.1383	17.0163	0.3%	0.3467	6.1180	0.5%
0.10	2.0047	16.9324	0.2%	0.3488	6.1186	0.5%
0.30	2.0022	17.1710	1.3%	0.3165	6.0972	0.1%
0.50	1.8920	16.9061	0.4%	0.2820	6.1069	0.3%
0.70	1.9436	17.2476	1.6%	0.3215	6.0877	--
0.90	1.9650	16.5640	2.4%	0.3267	6.1387	0.8%
1.00	2.0657	16.8159	0.9%	0.3220	6.1226	0.5%

EVOLUTION DE LA DISPERSION DU TAUX DE RENDEMENT INTERNE EN FONCTION DU COEFFICIENT DE DEPENDANCE β



Au vu du graphique, il semble que la dispersion du taux de rendement interne (TRI) en fonction de β suit une courbe en V. Rien ne permet de définir le degré de fiabilité des sigmas calculés par le modèle. En revanche, si nous appliquons les écarts relatifs mesurés sur la valeur moyenne ($\bar{X}$), il est aisé d'en déduire que la courbe n'a de sens que dans son aspect général (non en ce qui concerne chaque point). L'enseignement de cette étude est donc que la dispersion du TRI diminue légèrement lorsque β passe de 0.00 à 0.50, puis augmente légèrement lorsque β passe de 0.50 à 1.00. Quel est le sens de ce phénomène? Quelle en est sa cause?

4. Interprétation économique et tentative d'explication mathématique

Economiquement, puisque le sigma du TRI permet de mesurer le risque encourru par le projet, la corrélation des variables entraîne une limitation du risque lorsque β tend de 0.00 vers 0.50. A la réflexion, ce phénomène semble logique, puisque les situations extrêmes (voir par. 1) sont ainsi évitées. En revanche, lorsque β passe de 0.50 à 1.00, le même raisonnement conduit à une augmentation du risque, ce qui est en opposition avec les situations extrêmes. Pour comprendre cette particularité, faisons une petite incursion dans le domaine des chiffres, au moyen d'un exemple.

Soit une série de nombres aléatoires RNB, pour 11 périodes, utilisés à la génération des valeurs de la rubrique indépendante .

RNB = 0.8 0.1 0.5 0.8 0.3 0.2
0.4 0.5 0.6 0.5 0.8

La moyenne $\bar{X}$ = 0.50

La variance V(X) = 0.0527 (théorique = 0.0533)

Le sigma σ_X = 0.233

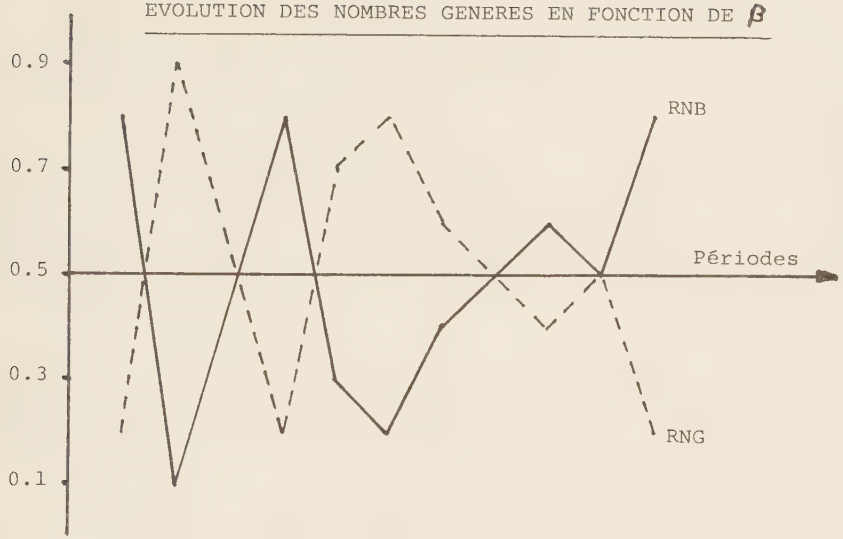
Prenons maintenant une deuxième série de nombres aléatoires uniforme RNG, série générée pour déterminer les fluctuations d'une rubrique dépendante, et telle que, à chaque période, RNG + RNB = 1.00.

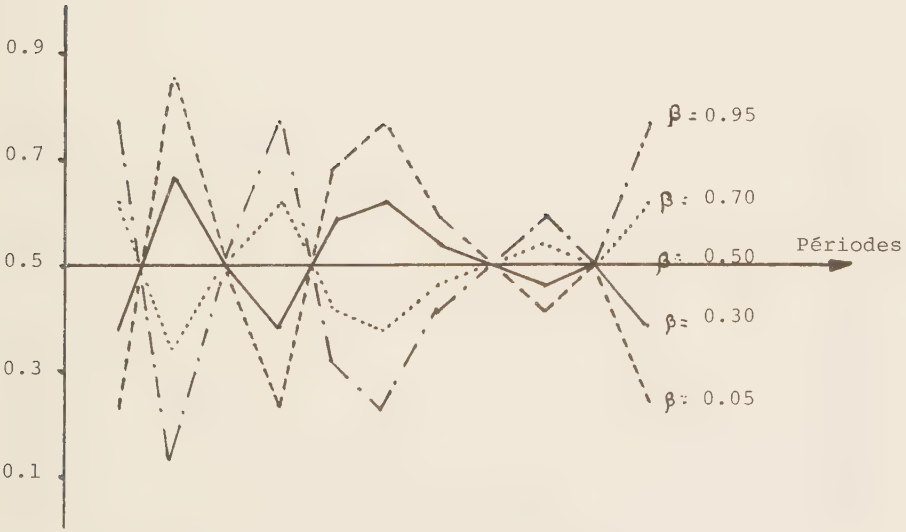
RNG = 0.2 0.9 0.5 0.2 0.7 0.8
0.6 0.5 0.4 0.5 0.2

Il est maintenant possible de construire des séries RNX, basées sur RNG et RNB en fonction du coefficient β . Comme ces deux séries sont complémentaires terme à terme, il est évident que pour β = 0.50, chaque terme prendra la valeur moyenne, soit 0.50.

	RNG	RNB							
β =	0.00	1.00	0.05	0.10	0.30	0.50	0.70	0.90	0.95
RNX =	0.2	0.8	0.23	0.26	0.38	0.50	0.62	0.74	0.77
RNX =	0.9	0.1	0.86	0.82	0.66	0.50	0.34	0.18	0.14
RNX =	0.5	0.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
RNX =	0.2	0.8	0.23	0.26	0.38	0.50	0.62	0.74	0.77
RNX =	0.7	0.3	0.68	0.66	0.58	0.50	0.42	0.34	0.32
RNX =	0.8	0.2	0.77	0.74	0.62	0.50	0.38	0.26	0.23
RNX =	0.6	0.4	0.59	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42	0.41
RNX =	0.5	0.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
RNX =	0.4	0.6	0.41	0.42	0.46	0.50	0.54	0.58	0.59
RNX =	0.5	0.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
RNX =	0.2	0.8	0.23	0.26	0.38	0.50	0.62	0.74	0.77
$\bar{X}$ =	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
V(X) =	0.0527	0.0527	0.0427	0.0337	0.0084	0.0000	0.0084	0.0337	0.0427
σ_x =	0.230	0.230	0.207	0.184	0.092	0.000	0.092	0.184	0.207

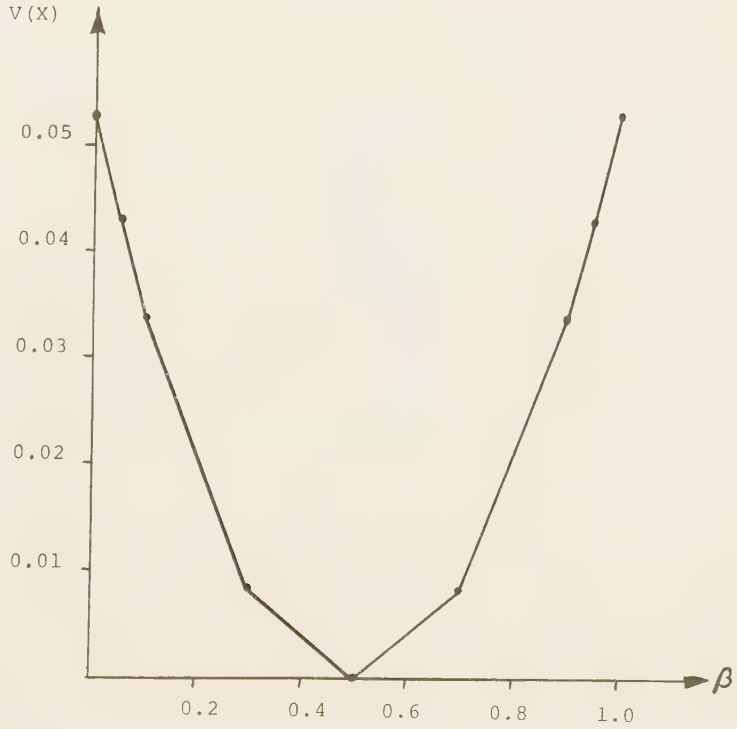
EVOLUTION DES NOMBRES GENERES EN FONCTION DE β



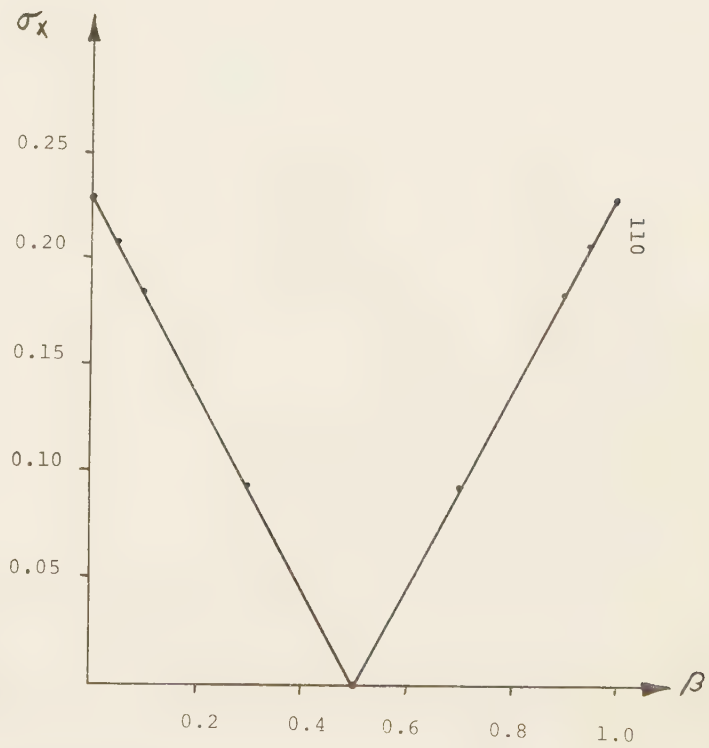


SERIES COMPLEMENTAIRES

RELATION ENTRE LA VARIANCE ET β



RELATION ENTRE SIGMA ET β



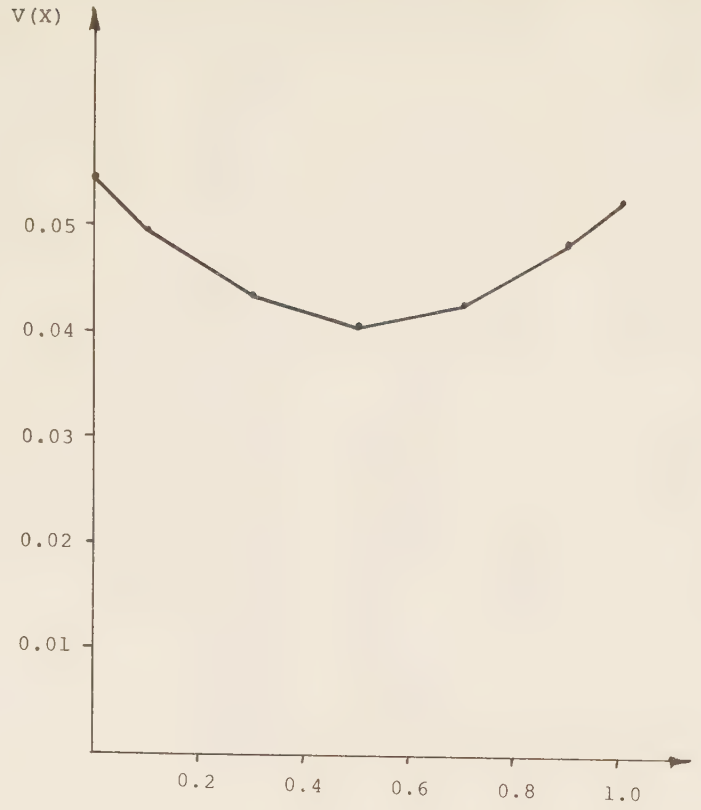
Le graphique des nombres aléatoires montre clairement la diminution de fluctuation lorsque β tend vers 0.50.

En conséquence, la variance des RNX (donc le sigma), évolue comme nous l'avions observé pour le taux de rendement interne. Cependant, la série des RNG est totalement dépendante de la série des RNB, raison pour laquelle la variance V(X) s'annule pour β = 0.50.

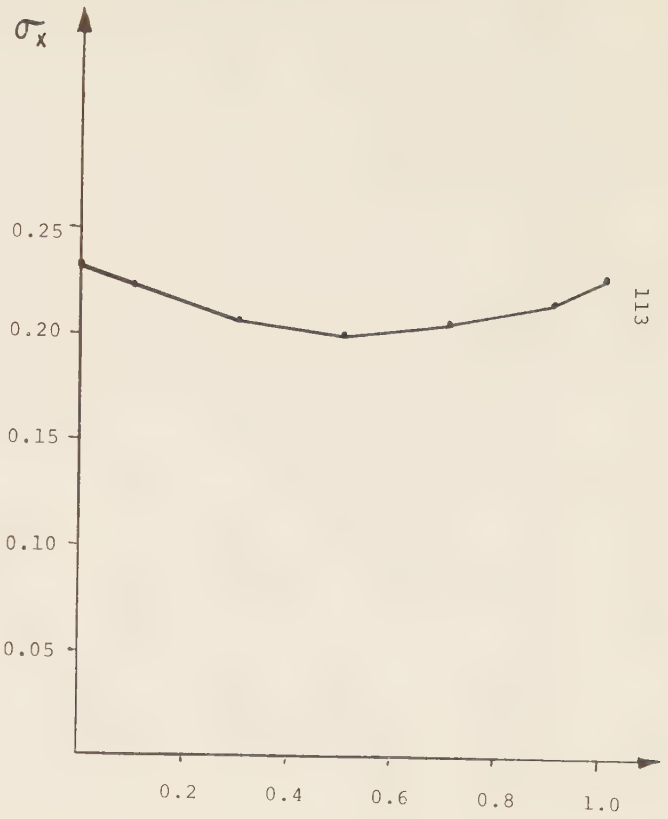
En prenant une autre série de nombres RNG et la même base RNB, et si les deux séries sont cette fois indépendantes, nous obtenons les résultats suivants :

	RNB	RNG					
β =	0.00	1.00	0.10	0.30	0.50	0.70	0.90
	0.8	0.5	0.53	0.59	0.65	0.71	0.77
	0.1	0.3	0.28	0.24	0.20	0.16	0.12
	0.5	0.2	0.23	0.29	0.35	0.41	0.47
	0.8	0.8	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
	0.3	0.5	0.48	0.44	0.40	0.36	0.32
	0.2	0.1	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19
	0.4	0.7	0.67	0.61	0.55	0.49	0.43
	0.5	0.6	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51
	0.6	0.9	0.87	0.81	0.75	0.69	0.63
	0.5	0.4	0.41	0.43	0.45	0.47	0.49
	0.8	0.5	0.53	0.59	0.65	0.71	0.77
$\bar{X}$ =	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
V(X) =	0.0527	0.0545	0.0497	0.0433	0.0409	0.0426	0.0484
σ_x =	0.233	0.223	0.208	0.202	0.206	0.220	

RELATION ENTRE VARIANCE ET β



RELATION ENTRE SIGMA ET β



Comme les échelles des graphiques ont été maintenues, il est possible de comparer les courbes des variances ou des sigmas en fonction de β .

Le nouveau couple de séries RNB/RNG se rapproche maintenant beaucoup plus de ce qui se passe dans la réalité du modèle. Aussi pouvons-nous déjà tirer les conclusions suivantes :

- la variance diminue lorsque β tend de 0.00 vers 0.50 puis augmente lorsque β tend de 0.50 vers 1.00
- les modifications de la variance peuvent osciller dans de très grandes limites, selon les suites de nombres aléatoires
- si les deux séries sont indépendantes, ce qui est le cas pour le modèle, les modifications de la variance sont restreintes.

Ces conclusions ne sont cependant valables que pour l'observation d'une seule rubrique dépendante. Dans le tableau de flux de fonds, plusieurs rubriques sont choisies dépendantes d'où d'une part, la répétion de ce phénomène et, d'autre part, son annulation relative dûe aux différentes compensations (effets des additions/soustractions des rubriques).

Enfin,nous n'observons que le taux de rendement interne (ou la période de recouvrement). Ces deux valeurs ne sont pas le résultat d'une fonction linéaire de la rubrique finale (flux de fonds net), raison pour laquelle la statistique ne permet pas de conclure à des fluctuations identiques de la variance du taux de rendement interne.

Cependant, comme nous l'avons observé au paragraphe précédent, l'expérience montre que l'influence de β sur le TRI est semblable à celle produite sur chaque rubrique dépendante.

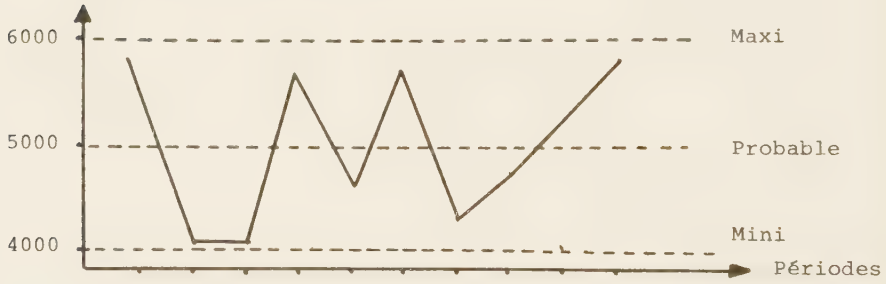
Economiquement, il est donc raisonnable de déduire que, si certaines rubriques sont des fluctuations corrélées aux fluctuations d'autres rubriques, l'estimation du risque encouru par le projet diminue jusqu'à une valeur du coefficient de 0.50, puis augmente à nouveau pour rejoindre, à la limite, le risque initial.

C H A P I T R E VII

LE PROBLEME DE LA CONTINUITE DANS LE TEMPS

1. Fondement logique

Le problème de la continuité dans le temps se pose en des termes très simples : si, à l'année N, le modèle choisit une fluctuation voisine du maximum, est-il logique de permettre, à l'année N+1, de choisir une fluctuation voisine du minimum ? De toute évidence, la réponse est négative. Comment celà se passe-t-il dans le concret ?
Soit une estimation des frais fixes, par exemple constante, à fr 5'000.-, fluctuant entre + et - 20 %.



Il est aisé de comprendre que des fluctuations telles que celles reproduites sur le graphique ne sont pas acceptables. En effet, si les frais fixes fluctuent d'une manière si brutale d'une période à l'autre, c'est assurément que la nature de ces frais a changé, plutôt qu'une fluctuation raisonnable due à l'incertitude de la prévision. Sans renseignements spécifiques à ce

sujet, le modèle est susceptible de construire une telle série de valeurs quoi que la probabilité soit très faible (mêmes raisons que pour la dépendance inter-variables, c.f. chap.VI, par.1).

Cependant, même si cette extrêmité n'est guère possible, des situations moins spectaculaires mais tout de même insatisfaisantes du point de vue logique, peuvent se produire. Pour pallier à ce risque, la solution est donc de forcer le modèle à respecter une certaine continuité dans le temps, afin de maintenir les fluctuations relativement proches d'une année à l'autre.

2. Nature de la dépendance

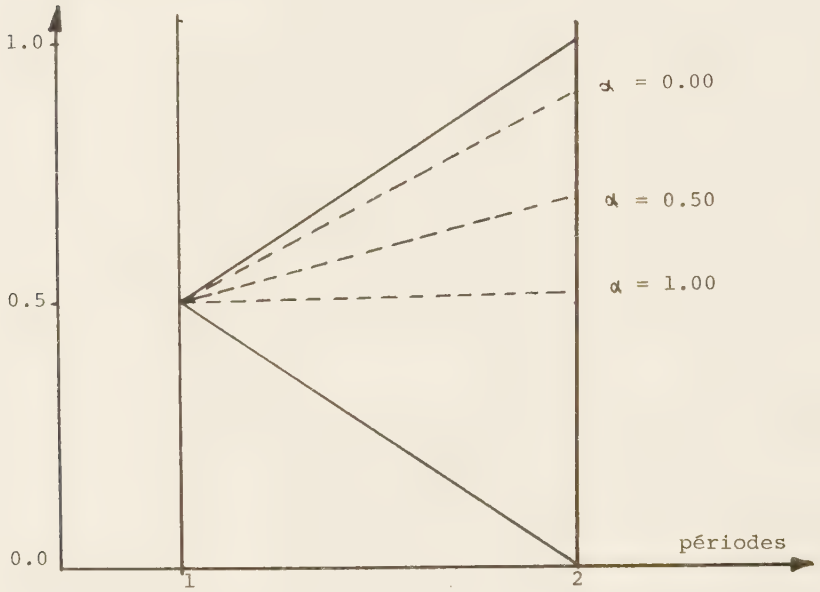
Comme dans le cas des variables liées, la question est de choisir la nature de la dépendance. Là encore, nous avons proposé la même solution, c'est-à-dire une liaison par coefficient linéaire α. Soit la série de nombres aléatoires RNB (i), pour i = 1 jusqu'à 11 périodes, nous posons :

$$RNX(i) = RNX(i-1) \times \alpha + RNB(i) \times (1.- \alpha)$$

Grossièrement, cet artifice correspond à un lissage, tel que nous l'avons survolé au chapitre relatif aux prévisions. Nous pouvons déjà tirer les conclusions suivantes :

- si α = 1.0, tous les RNX(i) = RNX(1)
- si α = 0.0, tous les RNX(i) sont égaux aux RNB(i) correspondants
- si $0.0 < \alpha < 1.0$, les RNX(i) sont les résultats des moyennes pondérées des RNX(i-1) et RNB(i).

Le graphique suivant montre l'effet de α sur RNX(2), sachant que RNX(1) = 0.50 et RNB(2) = 0.90.



Il est évident que, plus α est grand, moins grandes seront les fluctuations au cours du temps, et inversément. De même, plus α est grand, plus grand sera le poids du premier nombre aléatoire tiré (RNX(1)).

La nature de la dépendance a donc été choisie linéaire. Relevons que, comme pour la dépendance inter-variable, toute autre méthode est possible. L'une d'elle, notemment, consiste à forcer les nombres aléatoires à rester dans la même zone de fluctuation que le premier nombre, les deux zones étant délimitées par l'estimation "probable". Cette proposition est intéressante, mais n'évite pas forcément des fluctuations relativement importantes. D'autre part, il se peut que la situation, au départ favorable, se dégrade au cours du temps, soit à l'inverse,

ce qui implique le passage d'une zone à l'autre.

3. Application

Pour l'application, nous avons continué l'exemple de la firme XYZ. Afin de faire ressortir l'influence du coefficient α , nous lui avons donné plusieurs valeurs, allant de 0.00 à 1,00.
Deux remarques s'imposent :

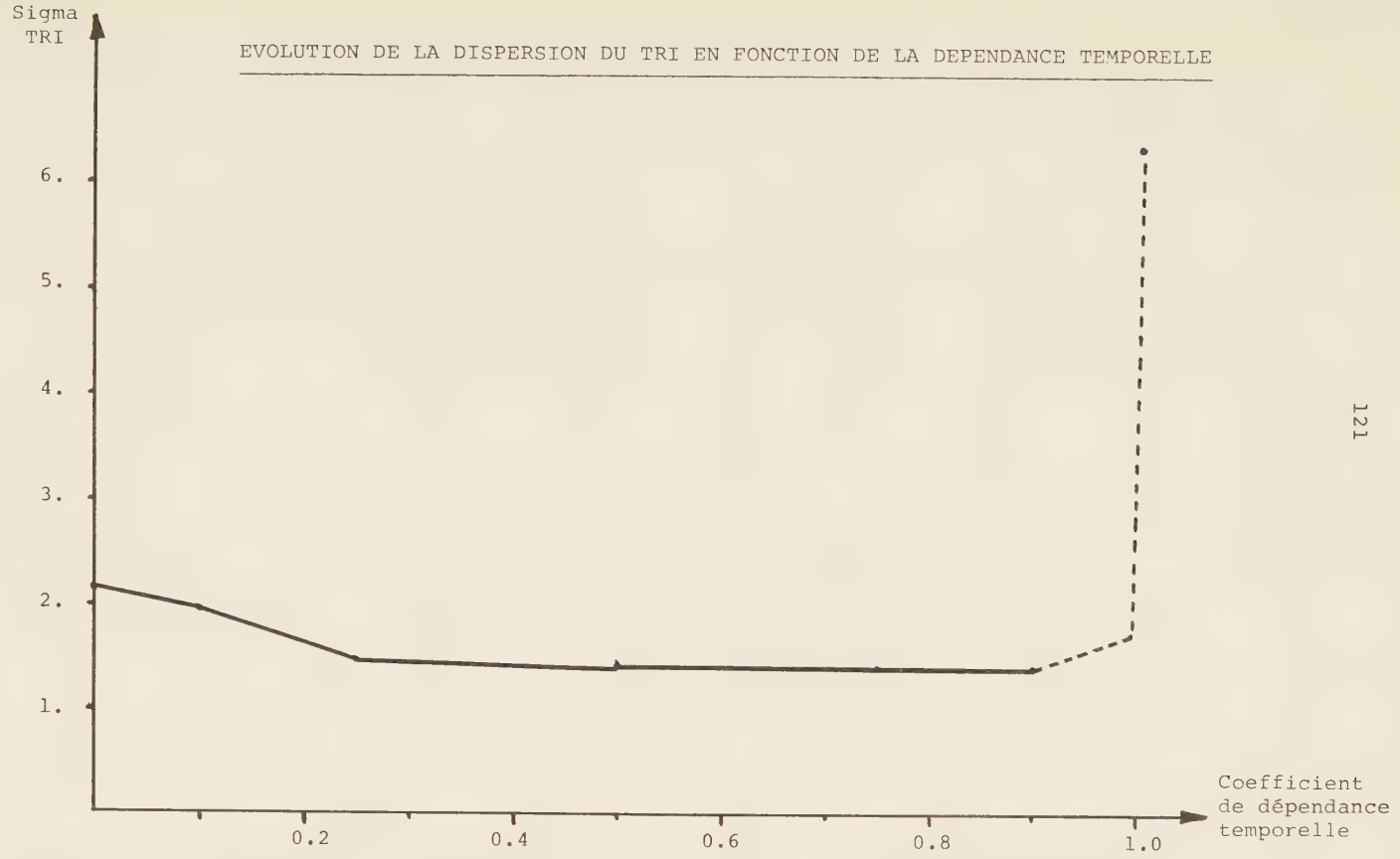
- Dans un but de simplification, un seul coefficient α a été déterminé, valable pour toutes les rubriques. Une fois encore, rien ne s'oppose à déterminer un coefficient pour chaque rubrique, voire même plusieurs par rubrique, en fonction du temps.

- Pour tous les essais et commentaires relatifs à ce chapitre, la dépendance entre variables a été supposée nulle. La conjonction des deux dépendances sera étudiée ultérieurement.

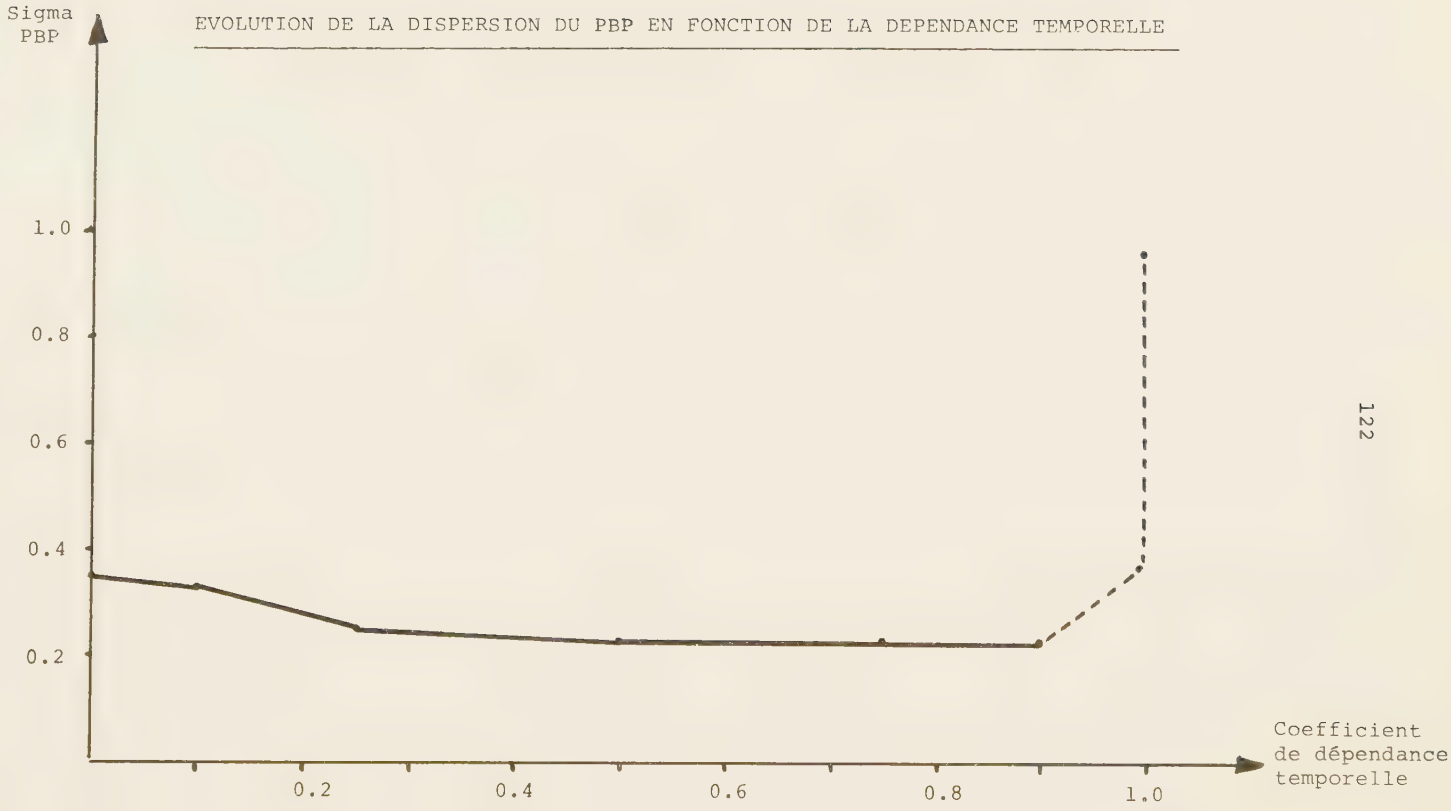
Les résultats observés avec notre exemple sont reproduits dans l'annexe C. Voici un résumé des renseignements les plus intéressants :

Coefficient α	Sigma(TRI)	$\bar{X}$(TRI)	Ecart $\bar{X}$(TRI)	Sigma(PDR)	$\bar{X}$(PDR)	Ecart $\bar{X}$(PDR)
0.00	2.1383	17.0163	0.3%	0.3467	6.1180	0.5%
0.10	1.9519	16.6923	1.6%	0.3286	6.1301	0.7%
0.25	1.4707	17.0539	0.5%	0.2500	6.0816	0.1%
0.50	1.4521	17.0959	0.7%	0.2256	6.0767	0.2%
0.75	1.4208	17.0117	0.2%	0.2223	6.0968	0.1%
0.90	1.4177	17.0315	0.4%	0.2163	6.0888	0.0%
0.99	1.7344	16.9549	0.1%	0.3205	6.1491	1.0%
0.999	2.3747	17.2142	1.4%	0.3691	6.0999	0.2%
1.000	6.3763	16.6488	1.9%	0.9594	--- (*)	--- (*)

(*) La période de recouvrement est délicate à interprèter, du fait qu'elle a dépassé une fois au moins le nombre maximum d'années du projet.


Sigma
TRI
EVOLUTION DE LA DISPERSION DU TRI EN FONCTION DE LA DEPENDANCE TEMPORELLE
6.
5.
4.
3.
2.
1.
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Coefficient
de dépendance
temporelle

EVOLUTION DE LA DISPERSION DU PBP EN FONCTION DE LA DEPENDANCE TEMPORELLE



Au vu des deux graphiques, certaines conclusions semblent évidentes :

- la dispersion du TRI ou de la PDR diminue lorsque α tend de 0.00 vers 0.90, mais
- certains phénomènes particuliers apparaissent lorsque α tend de 0.90 vers 1.00.

4. Interprétation économique et tentative d'explication mathématique

Economiquement, l'interprétation est simple : plus α devient grand, plus les fluctuations s'amenuisent d'une période à l'autre, plus le risque s'effrite. Cependant, dès que α franchi la limite de 0.90, la mesure du risque augmente considérablement, jusqu'à atteindre un multiple du rsique initial.

Pour comprendre ce phénomène, retournons dans le domaine des chiffre et des graphiques. A nouveau, prenons une série de nombres aléatoires uniforme RNB.

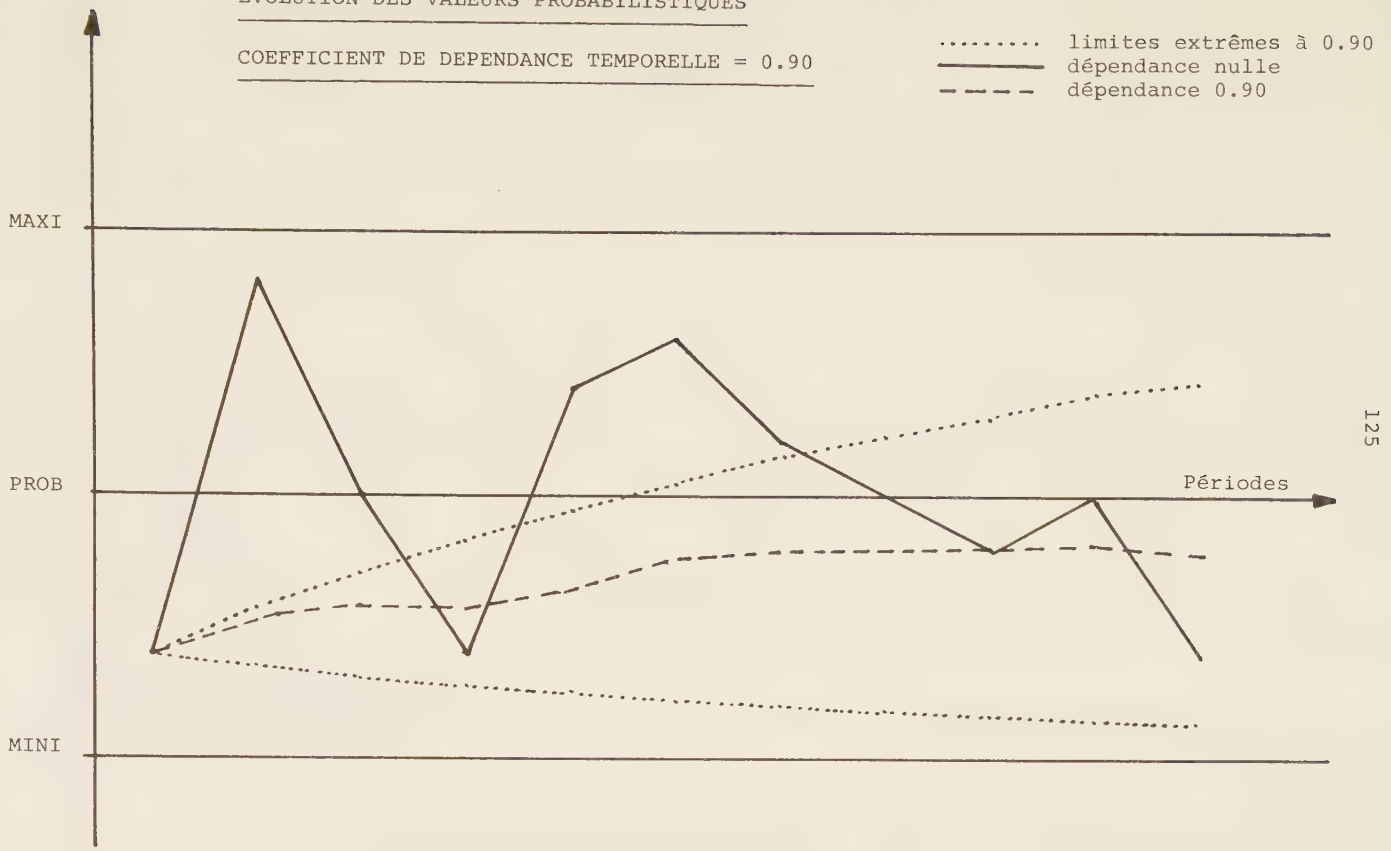
RNB = 0.2 0.9 0.5 0.2 0.7 0.8
0.6 0.5 0.4 0.5 0.2

Construisons maintenant des séries RNX basées sur RNB et en incluant une dépendance temporelle au moyen du coefficient α .

	RNB	RNX				
α =	0.00	0.10	0.50	0.90	0.95	1.00
	0.2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	0.9	0.830	0.550	0.270	0.235	0.200
	0.5	0.533	0.525	0.293	0.248	0.200
	0.2	0.233	0.363	0.284	0.246	0.200
	0.7	0.653	0.531	0.325	0.269	0.200
	0.8	0.785	0.666	0.373	0.295	0.200
	0.6	0.619	0.633	0.396	0.310	0.200
	0.5	0.512	0.566	0.406	0.320	0.200
	0.4	0.411	0.483	0.405	0.324	0.200
	0.5	0.491	0.492	0.415	0.333	0.200
	0.2	0.229	0.346	0.393	0.326	0.200
$\bar{X}$ =	0.50	0.50	0.487	0.342	0.282	0.200
V(X) =	0.0527	0.0429	0.0168	0.0047	0.0018	0.0000
Sigma =	0.230	0.207	0.129	0.068	0.043	0.000

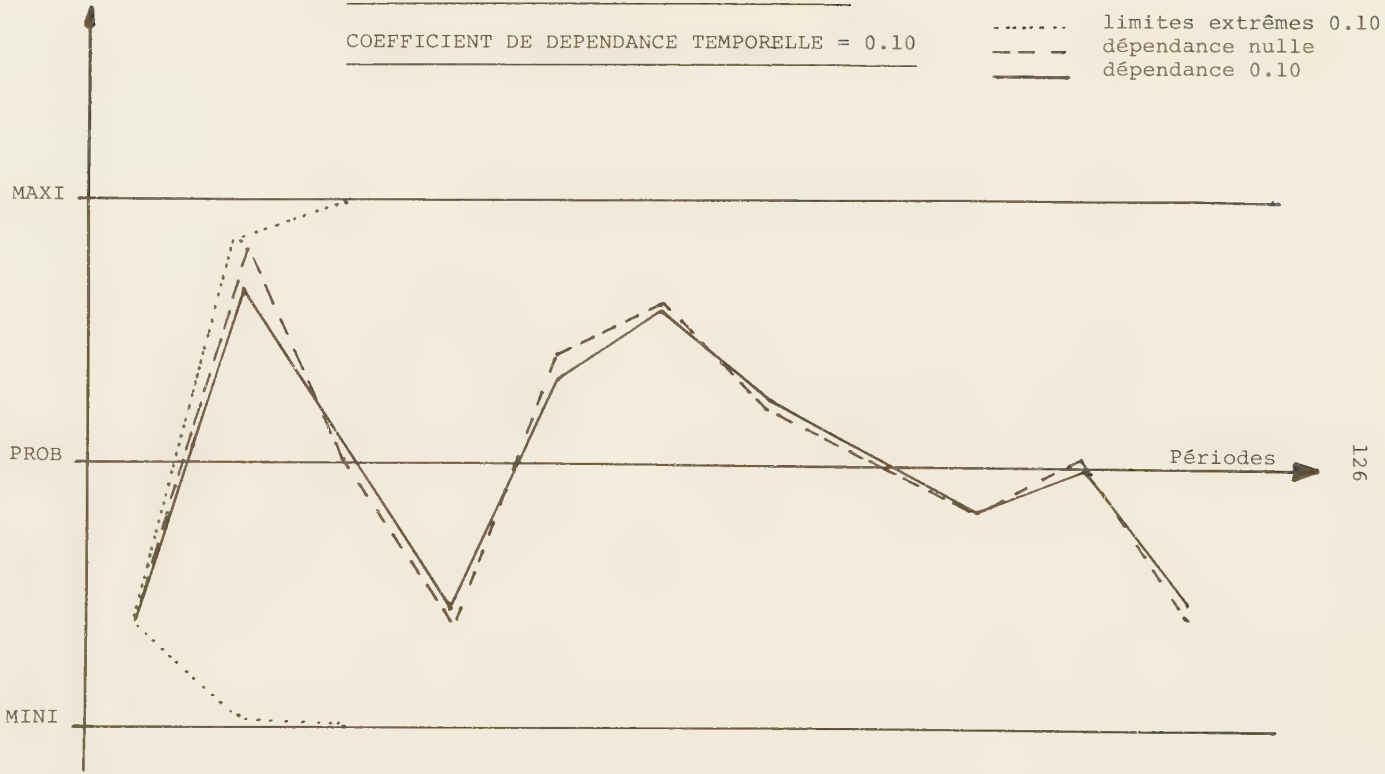
EVOLUTION DES VALEURS PROBABILISTIQUES

COEFFICIENT DE DEPENDANCE TEMPORELLE = 0.90



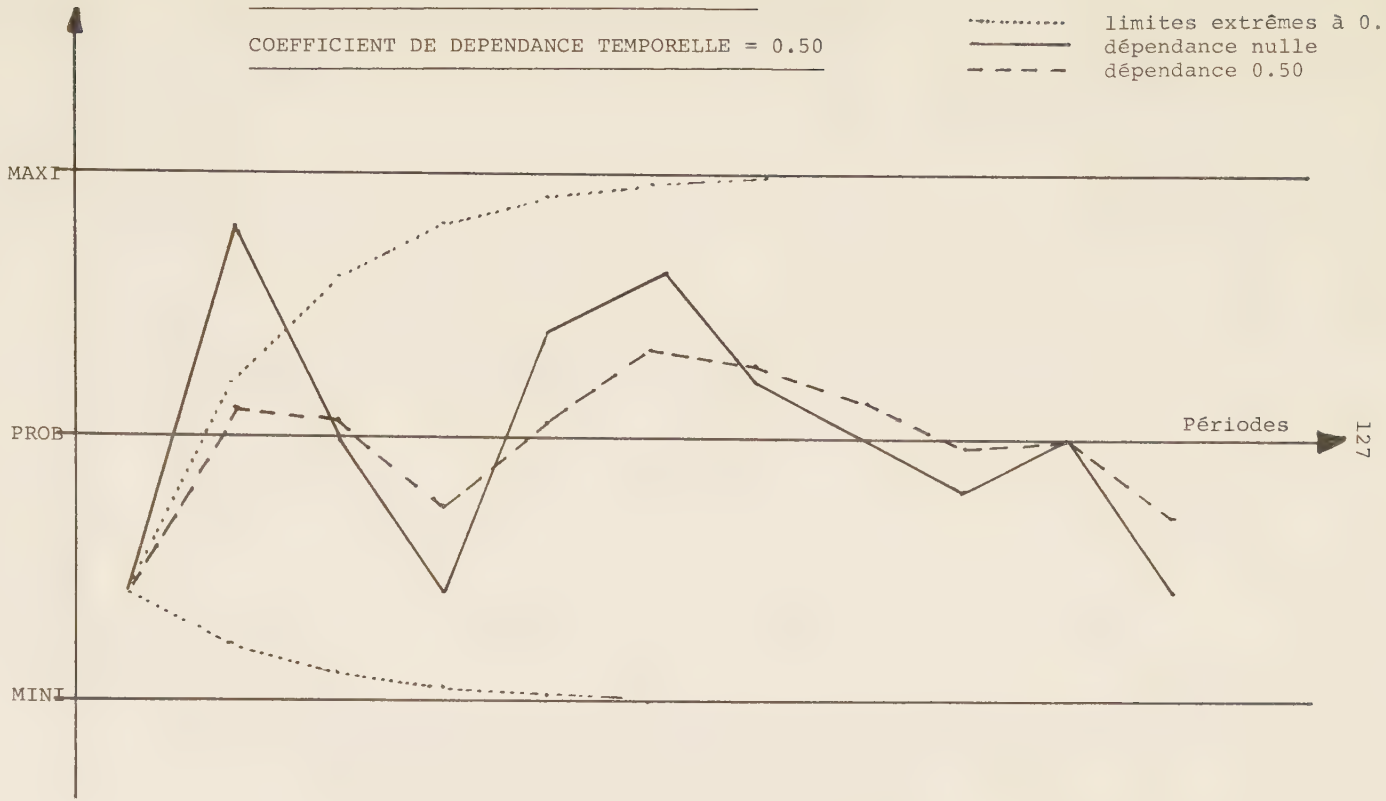
EVOLUTION DES VALEURS PROBABILISTIQUES

COEFFICIENT DE DEPENDANCE TEMPORELLE = 0.10



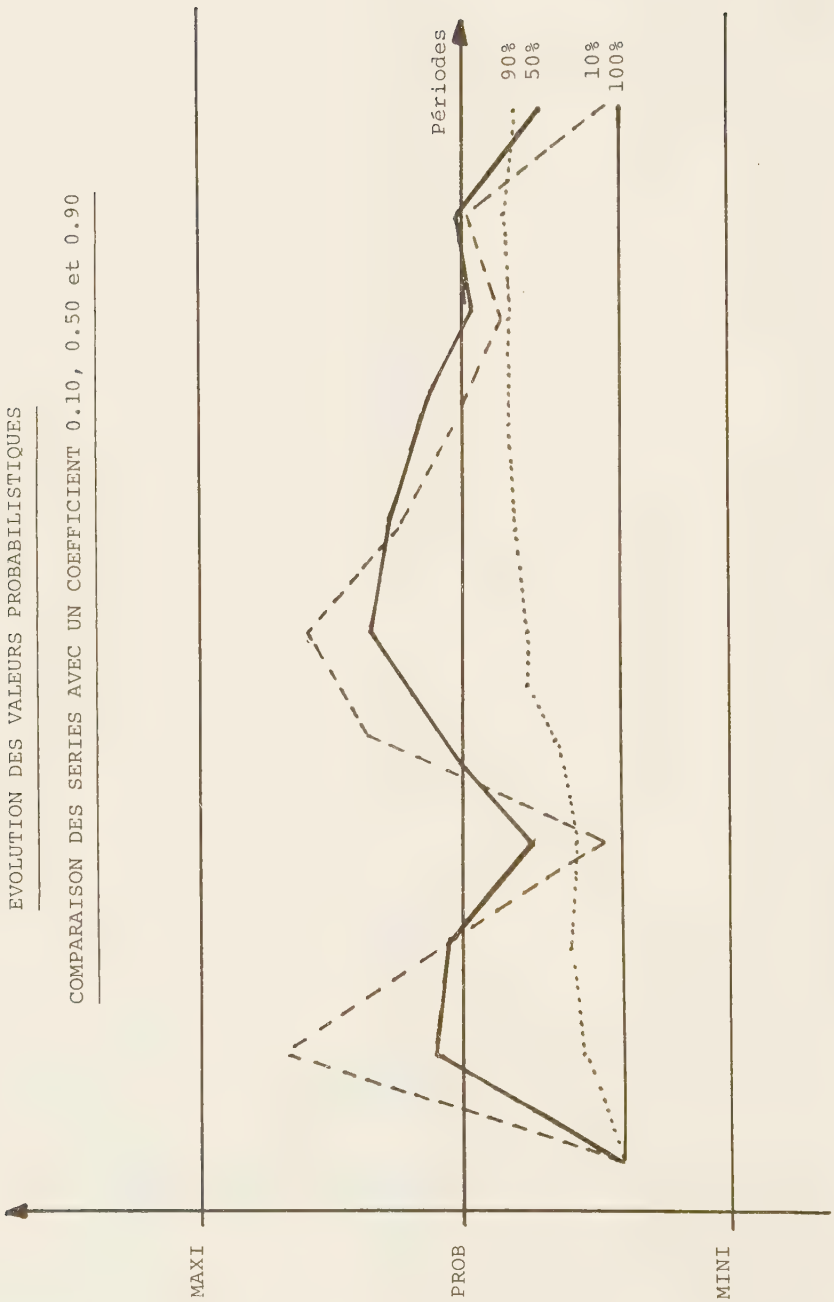
EVOLUTION DES VALEURS PROBABILISTIQUES

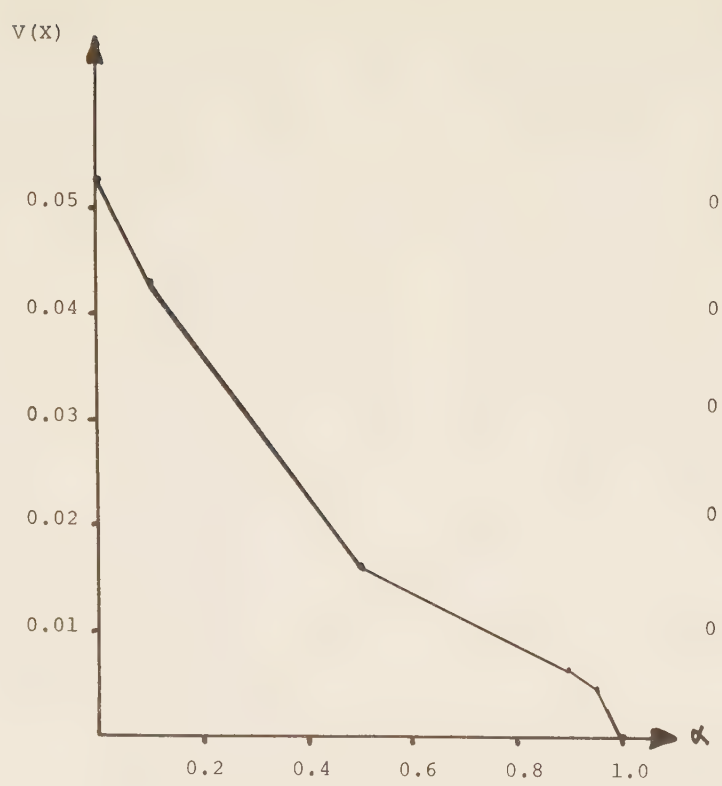
COEFFICIENT DE DEPENDANCE TEMPORELLE = 0.50

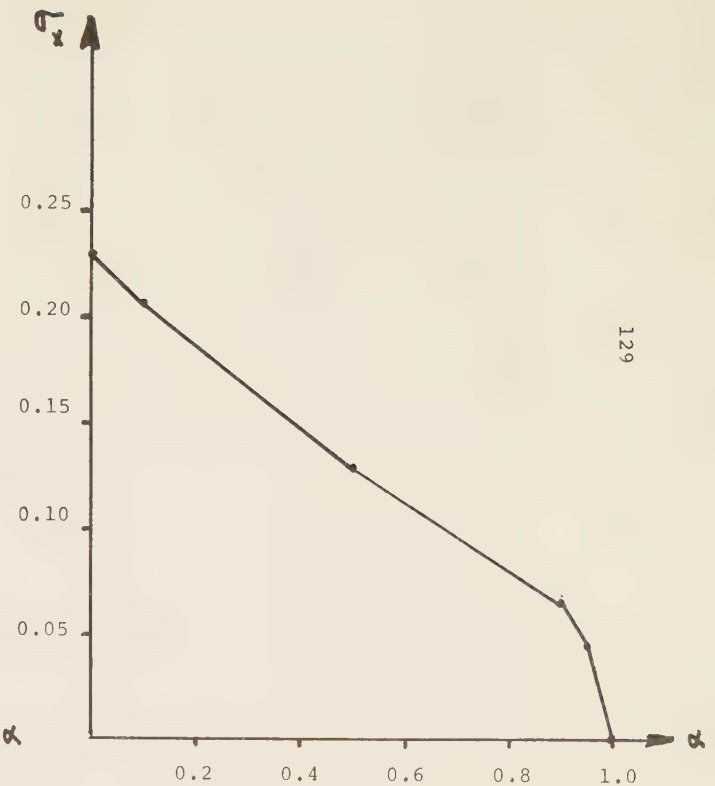


EVOLUTION DES VALEURS PROBABILISTIQUES

COMPARAISON DES SERIES AVEC UN COEFFICIENT 0.10, 0.50 et 0.90




V(X)
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
x


σx
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
x

Ce petit exemple nous permet de saisir quelle est l'influence de α sur la dispersion des valeurs d'une rubrique. Si, maintenant, nous pensons à l'étude d'un tableau de flux de fonds, que peut-on en déduire?

Si $\alpha = 0.00$, la situation est connue.

Si α augmente jusque vers 0.90, la dispersion des valeurs de chaque rubrique diminue, dispersion encore limitée par l'effet de compensation au cours du temps. Il n'est donc pas étonnant que la dispersion des valeurs de la rubrique Flux de fonds net s'amenuise, d'où l'on peut supposer une limitation parallèle de la variance du taux de rendement interne (quoique cela ne puisse pas être prouvé).

Si $\alpha = 1.00$, les conditions changent pour deux raisons :
- la dispersion des valeurs de chaque rubrique s'annule
- l'effet de compensation ne joue plus.

Dans ce cas, nous avons une très forte influence du premier nombre aléatoire de chaque rubrique, et aucune des nombres suivants. Enfin nous observons un changement qualitatif, en ce sens qu'auparavant ($\alpha < 0.90$) nous avions deux dispersions (d'une période à l'autre et d'une rubrique à l'autre), tandis qu'à ce point ($\alpha = 1.00$) nous n'en avons plus qu'une seule (d'une rubrique à l'autre).

En résumé, il importe donc de faire très attention à cette dépendance temporelle et d'être très nuancé.

Economiquement, nous pouvons maintenant interprêter ce phénomène d'une nouvelle manière :
- si nous introduisons une dépendance temporelle relative ($\alpha < 0.90$), l'estimation du risque encouru par le projet diminue lorsque α augmente.

- si la dépendance est totale, nous sommes confrontés à une situation tout à fait différente, la simulation ne portant plus sur chaque valeur mais seulement sur chaque rubrique, raison pour laquelle la mesure du risque augmente considérablement. Cette situation correspond à ce que l'on pourrait appeler une "batterie de sensibilités", et engendre des cas extrêmes, ce qui la distingue d'une étude de simulation habituelle.

CHAPITRE VIII

CONJUGAISON DES DEPENDANCES TEMPORELLE ET INTER-VARIABLES

1. Principes

Ayant déjà longuement traité les principes qui ont amené à envisager les deux genres de liaison, il ne semble pas nécessaire de revenir sur ce point. Cependant, un problème reste à trancher pour conjuguer les deux méthodes : quel est le premier coefficient qui doit être traité?

La première solution consiste à tenir compte d'abord de la dépendance inter-variables, puis d'appliquer le coefficient de dépendance temporelle. Soit RNR(i) le nombre aléatoire de la rubrique de base à la période i, RNG(i) le nombre généré pour la rubrique dépendante et RNX(i-1) le nombre utilisé à la période précédente. Posons donc la première méthode de calcul :

$$RNX(i) = \left[RNX(i-1) \times \alpha\right] + (1-\alpha) \times \left[RNR(i) \times \beta) + RNG(i) \times (1-\beta)\right]$$

La seconde solution serait :

$$RNX(i) = \left[(RNR(i-1) \times \beta + RNG(i-1) \times (1-\beta)\right] \times \alpha + \left[RNX(i) \times (1-\alpha)\right]$$

D'une manière comme de l'autre, nous obtenons le même résultat.

Exemple

Première solution :

Période	RNR	RNG	RN interméd.	RNX
1	0.8	0.0	0.4	0.4
2	0.4	0.8	0.6	0.5
3	1.0	0.2	0.6	0.55
4	0.0	0.5	0.25	0.4

Deuxième solution :

Période	RNR	RN int.	RNG	RNG int	RNX
1	0.8	0.8	0.0	0.0	0.4
2	0.4	0.6	0.8	0.4	0.5
3	1.0	0.8	0.2	0.3	0.55
4	0.0	0.4	0.5	0.4	0.4

$\alpha = \beta = 0.50$

La première solution, possible seulement si α est valable pour toutes les rubriques, permet cependant une petite économie de calculs, raison pour laquelle elle a été retenue.

2. Application

Afin de maintenir un élément de comparaison avec les chapitres précédents, l'analyse de la firme XYZ a encore servi à cette application.

Au chapitre VI, nous avons vu que par l'introduction d'une dépendance entre les fluctuations d'une rubrique, la valeur de la dispersion (sigma) passait par un minimum pour $\beta = 0.50$. Le chapitre suivant nous a montré un phénomène analogue lorsque α tend vers 0.90, tandis qu'au delà de cette valeur la dispersion augmente considérablement. La conjugaison de

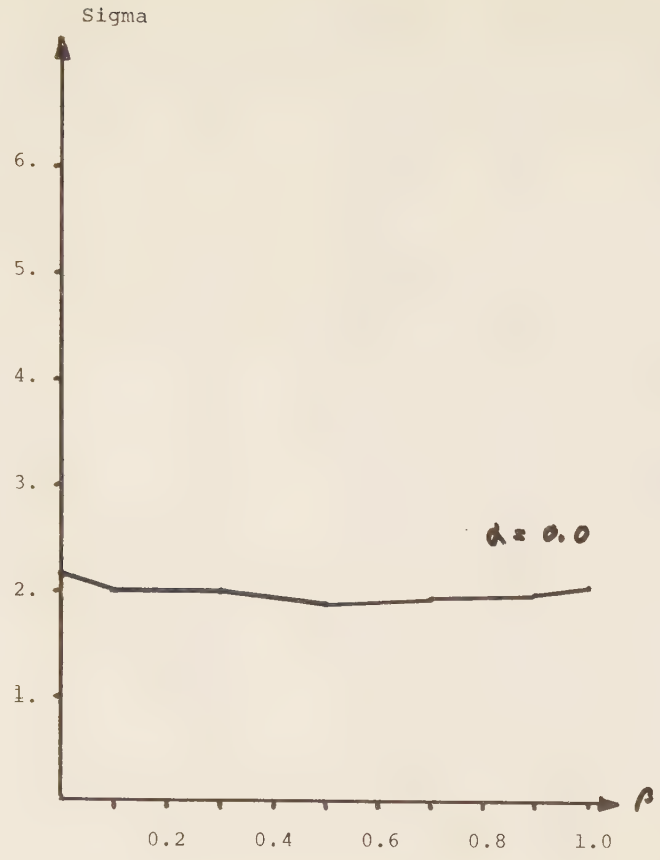
ces deux coefficients produira donc une diminution encore plus marquée de cette dispersion, élément de mesure du risque du projet.

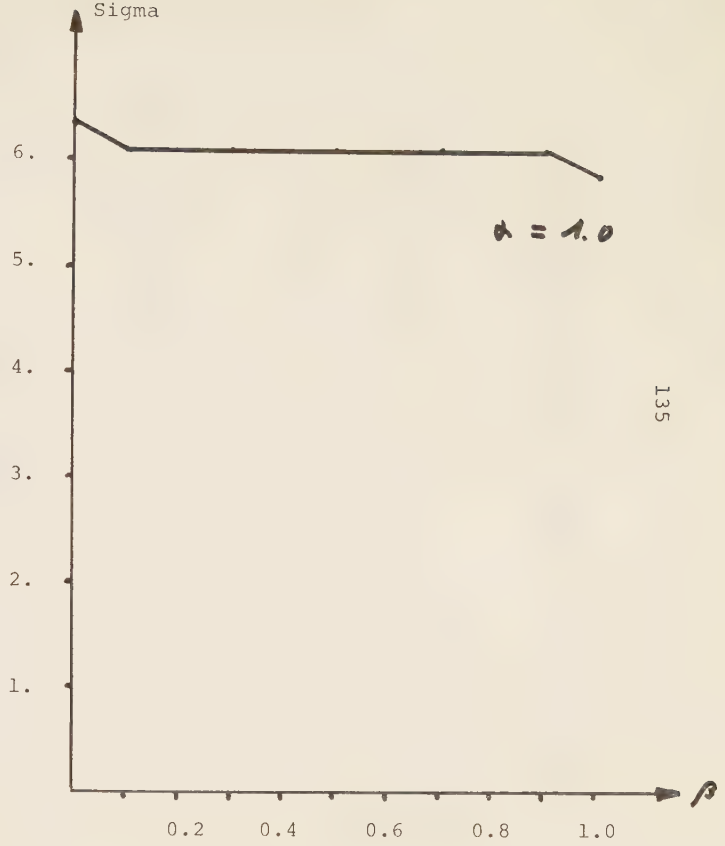
L'application consiste donc à parcourir les deux axes simultanément (α et β) et d'observer les résultats à chaque point. Malheureusement, ces points exigent chacun une étude de simulation, donc un temps de traitement relativement long sur l'ordinateur. D'autre part, chaque traitement nécessite un nombre d'itérations plus grand que ceux traités au chapitre précédent, d'où augmentation encore du temps machine nécessaire. Pour ces raisons, le nombre de tests (couples α, β) a été limité à une cinquantaine. Les observations faites ne manquent pas d'intérêt, même si le degré de précision semble parfois un peu faible.

3. Résultats observés sur le taux de rendement interne

Le tableau ci-dessous contient les valeurs observées du sigma (voir annexe E).

β \ α	0.00	0.10	0.25	0.50	0.75	0.90	1.00
0.00	2.1383	1.9519	1.4707	1.4521	1.4208	1.4177	6.3763
0.10	2.0047	1.9413	1.6437	1.2182	1.2228	1.1919	6.1079
0.30	2.0022	1.5887	1.6419	1.2691	1.1536	1.2344	6.1079
0.50	1.8920	1.8005	1.4456	1.5575	1.1365	1.4153	6.1079
0.70	1.9436	1.6661	1.6973	1.3480	1.3655	1.4153	6.1079
0.90	1.9650	1.7627	1.6289	1.3586	1.2100	1.3563	6.1079
1.00	2.0657	1.8523	1.4489	1.3459	1.1800	1.4484	5.8548


Sigma
6.
5.
4.
3.
2.
1.
α = 0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
β


Sigma
6.
5.
4.
3.
2.
1.
α = 1.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
β

Pour ne pas multiplier les graphiques, procédons à une analyse colonne par colonne, puis ligne par ligne.

Colonne par colonne

α prenant des valeurs fixes, nous observons l'évolution de sigma en fonction du coefficient β . Graphiquement, la chose n'est pas bien belle, et les conclusions qui s'imposent sont les suivantes :

- lorsque $\alpha = 0.0$, la courbe (connue, cf. chapitre VI), passe par un minimum, situé à $\beta = 0.50$.

- lorsque $\alpha = 1.00$, la courbe représente une marche d'escalier, se terminant par une valeur minimale, mais toute la courbe reste à un niveau très élevé (cf. chapitre VII).

- lorsque α est compris entre 0.00 et 1.00, la courbe suit des formes diverses, le minimum pouvant se situer n'importe où (effet probable de l'imprécision).

Ligne par ligne

β prenant des valeurs fixes, nous observons l'évolution de sigma en fonction de α . La courbe (connue, cf. chapitre VII), se répète quel que soit β . Cependant, le minimum ne se situe pas forcément au point $\alpha = 0.90$, mais peut se trouver au point $\alpha = 0.75$. Là encore, une multiplicité de tests et de plus nombreuses itérations permettraient plus de précision.

Remarque

Le sigma minimum, dans ces calculs, est obtenu pour $\alpha = 0.75$ et $\beta = 0.50$ (sigma = 1.14).

4. Résultats observés sur la période de recouvrement

Le même tableau que précédemment donne les valeurs suivantes :

β \ α	0.00	0.10	0.25	0.50	0.75	0.90	1.00
0.00	0.3702	0.3286	0.2500	0.2256	0.2223	0.2163	0.9594
0.10	0.3488	0.3080	0.3578	0.1914	0.1775	0.1821	0.8530
0.30	0.3165	0.2556	0.2519	0.1942	0.1701	0.1998	0.8530
0.50	0.2820	0.2753	0.2303	0.2263	0.1711	0.2143	0.8530
0.70	0.3215	0.2603	0.2450	0.2073	0.2043	0.2181	0.8530
0.90	0.3267	0.2918	0.2579	0.2094	0.1788	0.1977	0.8530
1.00	0.3220	0.2939	0.2220	0.2049	0.1679	0.2278	0.8510

L'analyse conduit aux mêmes conclusions que pour le taux de rendement interne. Remarquons cependant que les minima ne se situent pas forcément aux mêmes endroits que pour le taux de rendement interne. Ce phénomène fait encore mieux comprendre la complémentarité de ces deux critères d'évaluation, basés sur des notions différentes. Graphiquement, les courbes se ressemblent tout de même fortement.

De la comparaison des deux séries de résultats, nous pouvons donc déduire que, pour un projet donné, le sigma du taux de rendement interne et celui de la période de recouvrement suivent des fluctuations parallèles.

5. Conclusion

Après compilation de la masse des renseignements obtenus, il est temps maintenant de conclure sur l'utilité de ces méthodes.

Conclusions techniques

Si nous nous limitons à l'observation de la dispersion, l'expérience montre, comme nous l'avions pressenti, que l'un et l'autre des coefficients α et β permet une réduction du sigma (exception faite pour une dépendance temporelle totale).

L'utilisation de β permet de diminuer le sigma au maximum pour $\beta = 0.50$ (courbe en V).

L'utilisation de α permet également de diminuer la dispersion, mais dans une moindre mesure, le minimum étant atteint pour une valeur approximative de $\alpha = 0.80$. Lorsque $\alpha > 0.90$, sigma croît démesurément et atteint des valeurs irréalistes.

En définitive, quels que soient les coefficients utilisés, les observations changent d'un projet à l'autre. L'influence de α et de β subsiste, de manière identique, mais leur poids respectif est fonction de la structure du compte de Pertes & Profits. Ce point est essentiel.

Conclusions économiques

La dispersion étant la mesure du risque, l'analyse par simulation permet de probabiliser le futur sur la base des incertitudes sur les données.

Si nous forçons le hasard, en incluant une dépendance temporelle, nous limitons partiellement l'incertitude, donc également la mesure du risque (dans les limites techniques).

Il en va de même en corrélant les fluctuations d'une rubrique à l'autre.

La conjugaison de ces deux facteurs permet de limiter le risque d'une manière très sensible. Or il est improbable qu'aucune entreprise ne soit à même, en 1974, de fournir les valeurs exactes de α et de β . Il est donc dangereux de vouloir à tout prix utiliser aujourd'hui un modèle nécessitant des données que nous n'obtiendront peut-être que demain, et d'estimer le résultat comme infaillible.

Par contre, et c'est là que réside l'intérêt premier de toute cette étude, les différentes simulations et analyses de risque permettent à l'analyste financier de mieux cerner le risque global d'un projet.

C H A P I T R E IX

L'INFLATION ET LES INVESTISSEMENTS

1. Actualité du problème et influence sur les évaluations des investissements

Comme le premier chapitre l'a démontré, l'entreprise est un système en interaction étroite avec son environnement. Parmi les multiples variables exogènes à l'entreprise, l'inflation tient, de nos jours, une part importante. Nul besoin n'est de rechercher les différents taux d'inflation que chaque monnaie a subi pour affirmer que ce phénomène est réel. J'en veux pour preuve la lutte permanente que mène chaque gouvernement contre la hausse persistante du coût de la vie, ou la simple reconnaissance de l'indexation des salaires.

Sans donner ici de définition de l'inflation, disons simplement qu'il s'agit d'un amenuisement de la valeur de la monnaie au cours du temps. Pour acheter un même bien (ou service) d'une année à l'autre, il faut payer un montant supérieur d'unités monétaires.

S'il s'agissait là d'un facteur inopérant sur la marche des affaires, le problème de l'inflation n'interviendrait pas dans l'étude des investissements. Or il agit à deux titres. D'abord parce que les comptes, quels qu'ils soient, sont exprimés en unités monétaires. Ensuite parce que l'influence

de l'inflation sur les comptes de Pertes & Profits et de flux de fonds peut réserver des surprises de taille, et des surprises plus grandes encore dans la détermination du taux de rendement interne ou de la période de recouvrement.

2. Deux raisonnements face à l'inflation

2.1. Influence nulle

Le premier raisonnement conduit à négliger l'inflation, arguant que ses effets se compensent sur les revenus et sur les charges. Rien n'est aussi peu vraisemblable . Un exemple fera vite comprendre la faille.

Inflation nulle

Années	1	2	3	4	5
Flux de fonds net	100	110	110	150	140
Investissement initial		314			
Taux de rendement interne		25%			
Période de recouvrement		2.95 années			

Inflation constante de 10%, agissant uniformément sur tous les éléments du flux de fonds

Années	1	2	3	4	5
Flux de fonds net	110	133	147	219	225
Investissement initial		314			
Taux de rendement interne		37.5%			
Période de recouvrement		2.48 années			

On remarque d'emblée que le taux de rendement interne n'augmente pas de 10% mais de 12.5% et que la période de recouvrement diminue de 16%.

L'hypothèse selon laquelle l'inflation se répercute uniformément sur les produits comme sur les charges d'exploitation est erronée. Il est fort probable que certains coûts augmenteront plus vite que l'inflation (les salaires, par exemple), tandis que d'autres augmenteront moins vite. De plus, rien ne permet de fixer a priori que notre chiffre d'affaires évoluera exactement proportionnellement au taux moyen d'inflation.

Enfin, et c'est le plus gros problème à résoudre, le taux d'inflation ne sera certainement pas constant, de 10% par année. Pour affiner la méthode, il est envisageable de faire des prévisions, année après année, du taux d'inflation. Mais celui-ci dépend d'une foule de facteurs exogènes à l'entreprise (comme la lutte gouvernementale contre la hausse des prix) et souvent même exogène à la nation (inflation importée).

En résumé, disons que nier l'effet de l'inflation sur la rentabilité d'un investissement est chose absurde, quand bien même on pourrait l'exlure des calculs comme nous le verrons par la suite.

2.2 Inluence calculable

En ce qui concerne l'évaluation de la période de recouvrement, aucune méthode mathématique ne permet de déterminer, pour un taux d'inflation constant, quel devrait être le facteur correctif. Pour le taux de rendement interne, deux cas sont à distinguer.

Taux d'inflation uniforme constant

Soit t le taux d'inflation et r le taux de rendement interne obtenu sur la base de calculs excluant l'inflation. Si les répercussions de l'inflation sont uniformes sur tous les éléments du tableau de flux de fonds, nous pouvons poser, selon la définition mathématique donnée au chapitre II que :

$$\sum_{i=1}^{N} Ii \left(\frac{1}{1 + r}\right)^{i} = \sum_{i=1}^{N} Ri \left(\frac{1}{1 + r}\right)^{i}$$

N : horizon économique
Ii : investissement période i
Ri : flux de fonds net période i
r : taux de rendement interne

Introduisons maintenant un taux d'inflation constant de t%. Si nous appelons Ii* et Ri* les nouveaux investissements et flux de fonds nets "inflationnés", nous obtenons :

$$\sum_{i=1}^{N} Ii^{*} \left(\frac{1}{1 + r'}\right)^{i} = \sum_{i=1}^{N} Ri^{*} \left(\frac{1}{1 + r'}\right)^{i}$$

Mais comme

$$Ri^{*} = Ri(1 + t)^{i} \quad \text{donc} \quad Ri = Ri^{*} \left(\frac{1}{1 + t}\right)^{i}$$

nous pouvons poser :

$$\sum_{i=1}^{N} Ii \left(\frac{1}{1 + r'}\right)^{i} = \sum_{i=1}^{N} Ri^{*} \left(\frac{1}{1 + t}\right)^{i} \left(\frac{1}{1 + r}\right)^{i}$$

Comparée à la formule sans inflation, nous en déduisons :

$$\frac{1}{(1 + r')} = \frac{1}{(1 + r)} \quad \frac{1}{(1 + t)}$$

En multipliant par les trois dénominateurs :

$$(1 + r') = (1 + r) (1 + t)$$

Cette formule vérifie l'exemple du paragraphe précédent.

Nous avions : t = 10%
r = 25%
r'= 37.5% , soit :

$$(1 + 0.375) = (1 + 0.10) (1 + 0.25)$$

Taux d'inflation uniformes variables

Dans ce cas, aucune formule mathématique ne permet de déterminer r' sans développer tous les termes de l'actualisation. C'est le même problème que pour la période de recouvrement. Soient t1, t2, ..., tn les N taux d'inflation uniformes prévus. Nous pouvons poser :

$$\sum_{i=1}^{N} Ii^* (1 + t_i)^i \left(\frac{1}{1 + r'}\right)^i = \sum_{i=1}^{N} Ri^* (1 + t_i)^i \left(\frac{1}{1 + r'}\right)^i$$

Si nous disposons d'un taux limite d'acceptation d'un projet de r* %, nous devons recalculer l'actualisation en développant tous les termes.

3. Répercussions de l'inflation sur les sources de financement

Comme nous l'avons démontré au paragraphe précédent, l'introduction d'un facteur d'inflation exige le relèvement du seuil de rentabilité minimal acceptable pour un projet. Outre la détermination de ce nouveau seuil, il faut être en mesure de quantifier les effets sur les flux de fonds prévisionnels.

En contrepartie de ces répercussions sur le plan de la rentabilité, voyons maintenant comment agira l'inflation sur les disponibilités de capitaux.

Le capital social, qui reste la première source de financement, peut être soit maintenu à sa valeur actuelle, soit être augmenté, suivant les circonstances. Dans le cas des banques, par exemple, la législation suisse exige un rapport entre capital social et engagements totaux. L'inflation, en augmentant le total du bilan et les engagements, peut être la cause d'une modification du capital social. Pour la majorité des entreprises industrielles, par contre, on peut considérer que ce n'est pas directement l'inflation mais la croissance du volume des affaires qui pousse à des augmentations de capital, ceci étant valable à la condition que le volume des affaires soit indépendant de l'inflation, ce qui est loin d'être démontré. Cependant, il est peu probable que l'inflation soit la seule cause à l'accroissement des affaires de l'entreprise. La structure du passif (fonds propres - dettes) jouera évidemment un grand rôle sur l'évolution du capital social en période d'inflation.

Les réserves, quant à elles, devraient être fortement touchées par l'inflation, puisqu'elles sont alimentées par les bénéfices, eux-mêmes fonction de l'inflation des produits et des charges d'exploitation. La relation n'est certes pas linéaire, mais ne doit pas être oubliée.

Les fonds étrangers, enfin, peuvent suivre diverses fluctuations. Dans la mesure où nous considérons les dettes à long et à moyen terme couvrant des investissements, il convient de séparer les investissements durables des investissements à moyen terme. Si la politique financière de l'en-

treprise consiste à financer des investissements à moyen terme par des emprunts à long terme, l'inflation aura tendance à faire augmenter le volume de ces emprunts. Si la politique de financement est contraire, l'impact de l'inflation sera minime sur les anciens investissements et important sur ceux à venir. En conséquence, l'inflation peut, dans certaines limites, influencer le volume de fonds étrangers dans l'entreprise.

4. Inflation et taux de rendement interne

Le fondement du calcul du taux de rendement interne présuppose que les flux de fonds nets positifs de chaque année pourront être réinvestis à ce taux, dans ou hors de l'entreprise. Du seul point de vue pragmatique, cela semble déjà douteux, car un taux de rendement élevé garantira une rentabilité supérieure à la moyenne des affaires.

Par l'introduction d'un facteur uniforme d'inflation, dans le tableau de flux de fonds, le taux de rendement s'élève de manière assez sensible. Mais cette élévation ne garantit plus une rentabilité supérieure au reste des affaires, puisque la rentabilité générale est soumise à l'influence de l'inflation.

Il convient d'être très prudent sur ce point et, si l'on veut introduire un facteur d'inflation dans les prévisions, il faut savoir juger objectivement les résultats obtenus d'un tel flux de fonds actualisé .

5. Conclusion

Alors que faut-il faire de l'inflation? L'inclure ou l'exclure des calculs, sachant que son influence sera réelle?

Comme la mesure des effets de l'inflation est très délicate, de même que son incorporation aux calculs de rentabilité, et qu'enfin l'appréciation du résultat est sujette à caution, une solution est de ne pas l'inclure dans l'analyse d'un projet d'investissement. Dans ce cas, il convient d'exclure tout facteur inflationniste dans les prévisions, afin d'évaluer tous les projets sur une base commune.

Si maintenant nous savons que l'inflation est un facteur réel avec lequel il faut compter, une étude de sensibilité permettra d'estimer son importance.

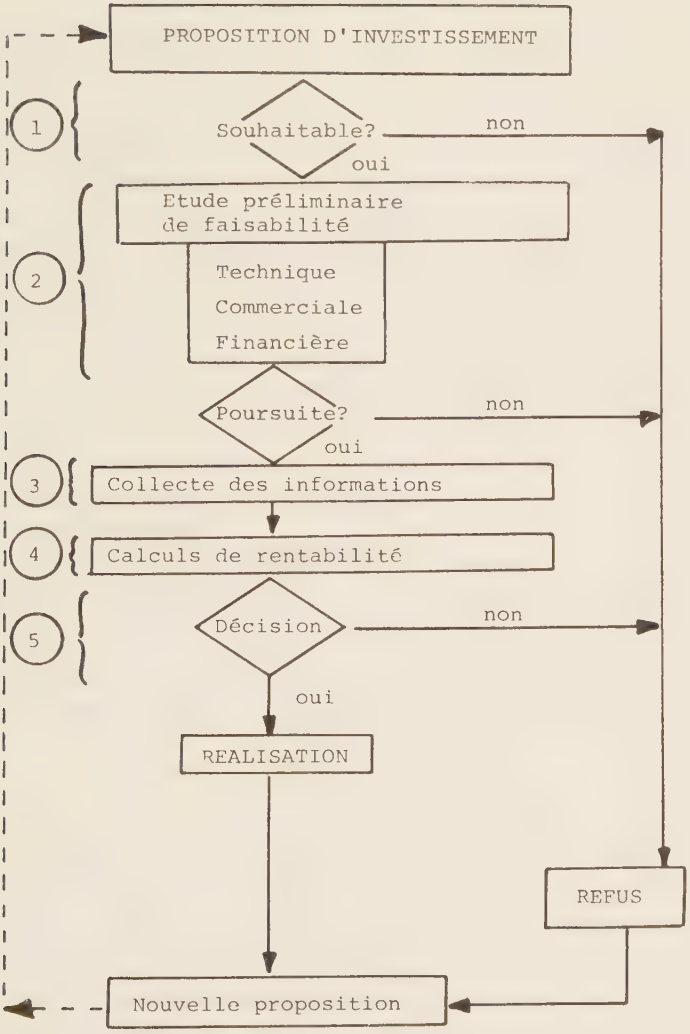
Si la répercussion de l'inflation est supposée uniforme de X% sur toutes les rubriques du compte de Pertes & Profits et du tableau de flux de fonds, alors le taux de rendement interne augmentera de plus que X%. Mais une telle supposition est loin d'être réaliste.

Enfin, si l'on veut inclure l'inflation dans les calculs, il faut le faire en tenant compte de son influence sur chaque rubrique séparément du tableau de flux de fonds. Les analyses de sensibilité peuvent mettre en évidence cette influence, par des modifications successives des différents taux proposés.

CHAPITRE X

PROCESSUS DE CHOIX DES INVESTISSEMENTS

Après avoir parcourru les différents aspects d'une étude de rentabilité, reprenons le processus de choix des investissements, tel que nous l'avions survolé au titre de la dynamique des investissements. Schématiquement, le choix d'un investissement suit un processus, une élaboration, selon un chemin bien défini.


PROPOSITION D'INVESTISSEMENT
1
Souhaitable?
non
oui
2
Etude préliminaire de faisabilité
Technique
Commerciale
Financière
Poursuite?
non
oui
3
Collecte des informations
4
Calculs de rentabilité
5
Décision
non
oui
REALISATION
REFUS
Nouvelle proposition

1. Désirabilité

Quelle que soit l'origine d'un projet d'investissement, un premier tri est effectué sur la base de sa désirabilité. Ce tri se fait souvent avant la proposition d'étude, par les personnes en qui l'idée a germé. Les grandes sociétés, par exemple, recoivent souvent des propositions de rachat de la part de petites entreprises, désireuses de se faire reprendre par un grand groupe. Dans ce cas, certaines propositions seront refusées d'emblée, d'autre seront étudiées plus en détail avant d'être refusées, d'autres enfin seront acceptées. Toute société industrielle, d'autre part, utilise les services de techniciens ou d'ingénieurs susceptibles de concevoir un produit nouveau, une machine révolutionnaire ou un procédé de fabrication encore inconnu. Là aussi, un premier tri doit être effectué afin de ne pas encombrer les services de la société par une multitude de projets qui ne verront jamais de réalisation. Cette première sélection relève du jugement de la part du décideur. Quatre critères au moins serviront de base à cette décision.

Concordance avec les buts de l'entreprise

Il se peut qu'un ingénieur, employé dans une entreprise de génie civil, découvre un système électronique très utile du point de vue médical. L'entreprise renoncera peut-être à exploiter cette découverte puisqu'elle n'entre pas du tout dans son domaine d'activités. Par contre, un brevet pourra être déposé puis vendu. Dans ce cas, l'entreprise n'aura pas poursuivi un projet d'investissement pour la fabrication et la commercialisation de l'envention.

Apport à l'entreprise

D'autre part, tout investissement doit apporter un avantage à l'entreprise, mais un avantage non exclusivement financier. Ainsi, tel projet concernant la construction d'une usine suscitera un intérêt second, celui de la construction. Tel autre projet prévoit le lancement d'un produit nouveau ou le remplacement d'une ancienne machine par une nouvelle, de technologie plus avancée. Bref, tout projet doit contenir une certaine quantité de stimuli, motivant ceux qui devront l'étudier puis le réaliser. De cette façon également, l'entreprise -considérée comme un tout- augmentera le niveau ou la qualité de ses connaissances, sa participation au marché, son know-how, etc.

Genre d'investissement

Selon la nature de l'investissement envisagé, ses chances de succès seront bien différentes. Ainsi, tel dirigeant plutôt conservateur préférera investir dans l'achat d'une nouvelle machine ou dans l'augmentation de la capacité de production des articles déjà existants, plutôt que d'investir pour le lancement d'un produit nouveau ou dans un but de diversification. Là intervient un facteur humain, qui n'est pas toujours concordant avec l'analyse économique.

Le contexte politique et social

Ce contexte, enfin, peut entraîner une opposition sans appel. Si un investissement est proposé dans un pays éloigné, où l'entreprise n'a pas d'attache, si la situation politique laisse planer un risque de nationalisation ou si les débouchés se limitent à un seul client, tel projet d'usine sera peut-être refusé avant même de passer au stade de l'étude préliminaire.

Ainsi, avant de considérer les différents critères de choix d'un investissement, une première sélection est opérée sur la base de critères qualitatifs, ce que nous avons appelé la désirabilité.

2. Etude préliminaire de faisabilité

La première sélection, si elle n'est pas opérée par un organisme spécialisé, sera souvent une décision de la direction. L'étude préliminaire, quant à elle, requiert déjà une information que seules les fonctions de ligne de l'entreprise sont aptes à fournir, de par la nature de ces informations.

Informations techniques

La fonction de production sera très souvent appelée à émettre les premières estimations (à moins que l'investissement ne nécessite rien de matériel). Cette première estimation concerne évidemment le coût de l'investissement physique, de son fonctionnement et de son entretien.

Information commerciale

La fonction commerciale devra fournir elle aussi des estimations quant aux chances de succès de tel produit ou quant à l'augmentation du volume de ventes ou du prix. Les services de Marketing seront peut-être déjà confrontés à certaines questions relatives aux budgets publicitaires, aux canaux de vente, etc, jusqu'à l'obtention des premiers chiffres.

Information politique, juridique et fiscale

Certains états-majors de l'entreprise peuvent être contactés à cette phase de l'étude, afin de mettre en évidence les

écueils que pourrait rencontrer telle ou telle réalisation.

Information financière

C'est la fonction financière qui, en dernier ressort, cherchera à équilibrer le débit et le crédit du compte de Pertes & Profits, en fonction d'une certaine durée de vie du projet. Il s'agit donc de trouver les moyens pour financer l'investissement, au moment requis, et d'en estimer le rendement et le coût.

A ce stade, l'étude préliminaire est achevée. Un organe de décision, sur la base de ces estimations, prononcera un deuxième verdict, plus nuancé que la simple sélection de départ, et déjà basé sur des critères qualitatifs et quantitatifs.

3. Collecte des informations de détail

Cette phase, atteinte en cas d'acceptation de l'étude préliminaire, est peut-être la plus longue et la plus délicate de tout le processus. Elle reprend, point par point, tout ce qui a été fait pour l'étude préliminaire, mais avec un degré de précision le plus grand possible. C'est à cette phase que peuvent être effectués des tests de marché ou des études commerciales. Quelle que soit leur nature, les prévisions doivent être construites avec le plus grand soin, pour fournir des valeurs prévisionnelles exactes, ainsi que les limites de variation "au pire" et "au mieux" (CF chapitre III, par. 5). Certaines techniques de gestion peuvent être d'un grand secours, dont notemment les méthodes de programmation mathématique, la

simulation (pour le fonctionnement des usines), les modèles de positionnement des produits par rapport à ceux de la concurrence, les modèles de prévisions, les analyses régressionnelles pour l'étude de la conjoncture, etc.

C'est à ce stade enfin que peuvent être émises certaines alternatives possibles, selon l'évolution de l'environnement. Une fois que toutes les informations sont disponibles, le projet passe à la phase de l'étude de rentabilité sans qu' aucune décision ne soit encore prise. C'est la fonction financière qui va maintenant émettre son jugement.

4. Calculs de rentabilité

Il semble inutile de s'appesantir sur les moyens utilisés, puisqu'ils ont été décrits dans les chapitres précédents. Selon le degré de précision des prévisions issues de la phase précédente, plusieurs cas peuvent être traités. Le plus simple consiste en une évaluation simple de le période de recouvrement ou du taux de rendement interne. Ces calculs, dans ce cas, se font très rapidement à la main. Le cas plus complexe consiste en une série de tests de sensibilité, puis de certaines analyses de risque. L'usage de l'ordinateur s' impose alors pour les calculs de simulation.

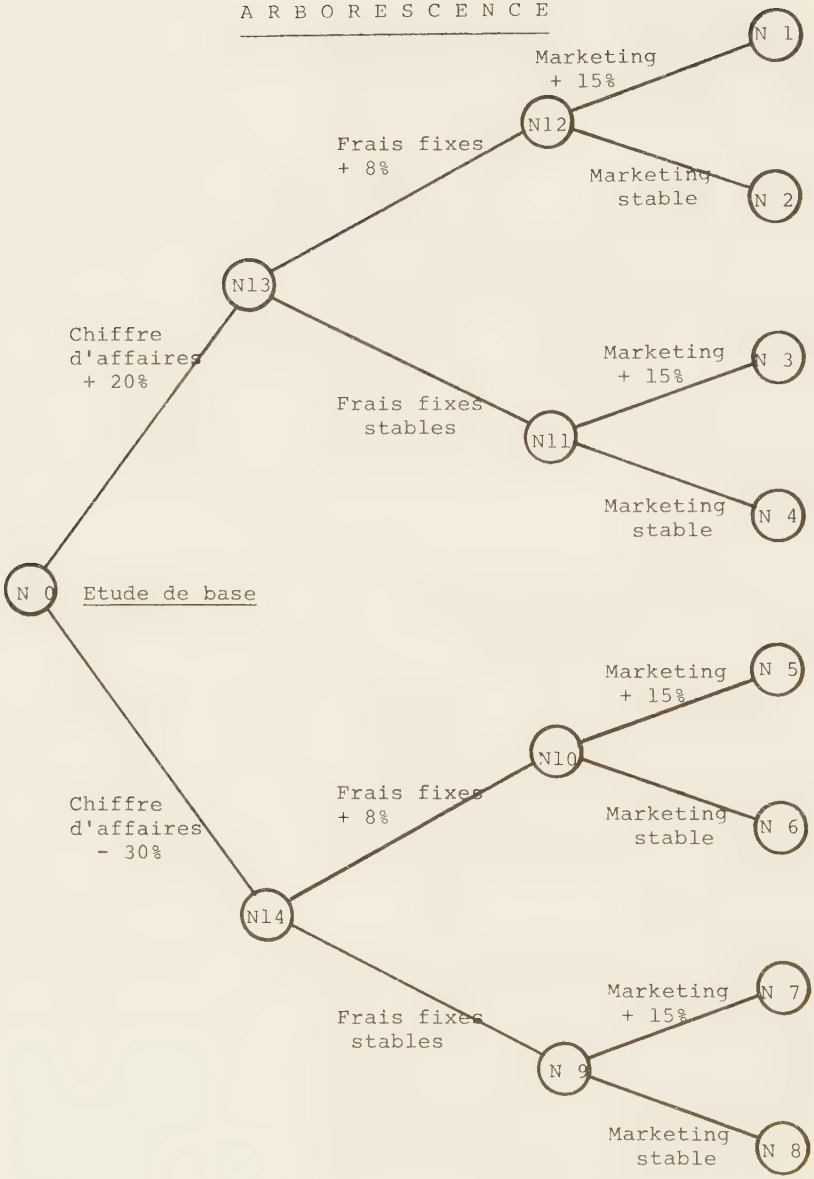
Une proposition intéressante est la notion d'arborescence, appliquée au tests de sensibilité. Supposons que seules trois rubriques retiennent notre attention : le chiffre d'affaires, les frais variables et les frais fixes. D'après les prévisions de ventes, le chiffre d'affaires peut augmenter de 20% ou diminuer de 30%, selon l'évolution de facteurs exogènes à l'entreprise. Dans ces conditions, les services financiers esti-

ment que les dépenses Marketing et les frais fixes ne seront pas insensibles à de telles modifications du chiffre d'affaires. Les estimations sont les suivantes :

Cause	Conséquence sur	
Chiffre d'affaires	Dépenses Marketing	Frais fixes
+ 20%	de 0 à + 15%	de 0 à + 8%
- 30%	de 0 à - 10%	de 0 à - 10%

Schématiquement, nous pouvons représenter les alternatives sous la forme d'une arbre (page suivante).

A R B O R E S C E N C E



Par cette notion d'arborescence, l'utilisateur du modèle sera rendu attentif à tous les noeuds (embranchements) qui s'offrent à lui. Il s'agit maintenant de trier les noeuds et de rejeter ceux qui ne sont pas vraisemblables . Le noeud N4, par exemple, a peu de chances d'être retenu, d'où sa radiation de la liste des sensibilités à tester.

Une fois l'étude de rentabilité terminée, le projet sera à nouveau soumis à un organe de décision.

5. La décision

Contrairement à ce que l'on pourrait penser de prime abord, la décision n'est pas toujours d'accepter ou de refuser le projet. Souvent, pour des projets importants, il s'agira de choisir entre trois réponses, ce que les anglo-saxons appellent une "GO - ON - NO decision". Si la réponse est GO, le projet est accepté, d'où sa réalisation. Si la réponse est NO, le projet est purement et simplement refusé. Mais la réponse peut être ON, ce qui ne signifie ni acceptation ni refus, mais poursuite de l'étude. Dans ce cas, l'organe de décision peut exiger des informations nouvelles, d'autres études commerciales, d'autres alternatives négligées ou peut simplement attendre que tel ou tel évènement soit passé.

Quelle que soit la décision, l'organe responsable peut pousser plus loin l'étude du projet, notamment en l'incluant dans le contexte global de l'entreprise, et tenant compte des facteurs qualitatifs (désirabilité, apports à l'entreprise, évolution de l'environnement).

Une technique de gestion peut encore aider la prise de décision : la programmation par objectifs. Le principe, dans ce cas de programmation mathématique, consiste à quantifier les facteurs (quantitatifs ou qualitatifs) et à maximiser la "satisfaction " totale, sous un certain nombre de contraintes. Parmi celles-ci, notons la limitation des ressources disponibles, de n'importe quelle nature.

L'élément risque, issu d'une étude de simulation, peut impliquer certaines complications mathématiques lors du choix des investissements à retenir parmi un grand nombre de propositions. En effet, le risque d'un projet est très souvent lié au risque d'un autre projet concurrent (effet de la conjoncture sur les deux projets simultanément), d'où la nécessité de construire un programme linéaire avec des variables binaires 0 - 1, et dont la fonction objective n'est plus du premier degré (programmation quadratique).

En fin de compte, quel que soit le verdict de l'organe de décision, le processus de choix d'un investissement sera remis en route soit par l'arrivée d'un projet nouveau, soit par la poursuite de l'étude d'un projet déjà examiné.

Arrivé au terme de cette étude, l'honnêteté exige de reconnaître que, pour vitale qu'elle soit, l'analyse financière d'un projet ne représente que l'une des étapes dans le processus de choix des investissements. Au demeurant, l'étude proposée ici a pour but une prise de conscience, de la part des responsables financiers, de l'aide que peut apporter un modèle appuyé sur les techniques de gestion.

CONCLUSION

Le travail présenté dans ces quelques chapitres n'a pas de grandes prétentions, ni dans le domaine de la connaissance, ni dans celui, beaucoup plus restreint, des sciences économiques. Deux espoirs sont cependant toujours restés sous-jacents : d'abord celui d'apporter une aide efficace à l'analyste financier confronté à un projet d'investissement et, ensuite, celui d'éclairer quelque peu l'apport que peut représenter le recours aux techniques dans la gestion en général. Ces techniques, relevant de la Recherche Opérationnelle, utilisent souvent des procédés mathématiques que les économistes redoutent. Or cette opposition aux mathématiques ne se fonde que sur des appréhensions, peut-être sur de mauvais souvenirs scolaires, quand ce n'est pas sur la conséquence malheureuse d'une application mal traitée. Un modèle de gestion, tout comme un ordinateur, ne produira jamais que le résultat de ce qu'il a reçu comme information et comme structure de traitement. Si l'automobiliste presse sur le champignon d'accélérateur au lieu de freiner devant un feu rouge, la mécanique a reçu une mauvaise information. Si par contre l'automobiliste a bien appuyé sur la pédale de frein et que le véhicule a tout de même accéléré, c'est que les instruments sont mal reliés entre eux. Dans ce cas, la structure de traitement de l'information est incriminable. Il n'en va pas autrement avec l'usage d'un modèle, genre de mécanique immatérielle supportée par un instrument électronique. Un modèle de gestion n'est pas une boule de cristal. C'est une mécanique conçue par des êtres humains, donc des êtres faillibles.

Aussi semble-t-il urgent que les économistes et les gestionnaires, plutôt que de s'opposer aux techniques de gestion, s'y intéressent de plus près et se mettent à concevoir, à façonner et à utiliser ces modèles. Les détails techniques ne posent pas de grands problèmes et si l'économiste ne veut pas faire l'effort d'utiliser directement un modèle (par la programmation et l'analyse), il peut toujours avoir recours à l'aide de techniciens.

Il est essentiel de concevoir clairement la structure de traitement d'un modèle, de bien vérifier les données, puis d'interprêter correctement les résultats. A ce prix, les économistes et gestionnaires pourront gagner sur bien des points : d'abord, ils s'épargneront une quantité de calculs fastidieux et parfois même dégradants. Ensuite, ils pourront eux-mêmes tester et faire valoir le fruit de leurs efforts, sans se sentir redevables ou en litige avec certains techniciens. Enfin, ils pourront consacrer leurs efforts sur des idées nouvelles ou mieux approfondir les études courantes, de par l'élévation de leur niveau de réflexion. Dans cette optique, le modèle prendra sa juste place, celui d'un outil au service de l'homme pour l'aider dans ses décisions.

Terminons par une note plus philosophique, et considérons la fonction financière dans l'entreprise et son évolution de demain. Depuis le début du XXè siècle, l'idéologie marxiste a pris corps dans certains Etats. Nous vivons une confrontation, tantôt pacifique, tantôt militaire, entre deux idéologies incarnées dans deux systèmes économiques. Nul ne peut prévoir l'issue de cette opposition, mais dans notre monde occidental, nous observons une tendance socio-politique menant, semble-t-il vers une forme de socialisme. Il

apparaît que les mouvements ouvriers (mai 68 à Paris, affaire Lip, grèves syndicales en Italie, en France et en Grande-Bretagne) prennent de plus en plus de poids dans la gestion, tendant vers une co-gestion. En sens inverse, les entreprises (peut-être par simple esprit de survie) mettent un accent de plus en plus prononcé sur le bien-être de leur personnel, si ce n'est sur celui de leurs clients. De par la force des choses, et si notre système économique se poursuit sans heurts violents, l'entreprise continuera à déplacer ses buts, petit à petit. Si, en 1880, le but exclusif était le profit, il n'est plus que l'un d'eux aujourd'hui. Il semble même probable qu'avant le troisième millénaire, la fonction "Personnel", voire une nouvelle fonction "Politique" aura pris le pas sur les autres fonctions de l'entreprise occidentale. L'entreprise se tournerait ainsi vers les hommes qui la font vivre. Et peut-être qu'un jour les deux systèmes économiques, ayant fait chacun sufisamment de concessions à l'autre, finiront-ils par se réconsilier.

Quel que soit le système adopté, il est cependant peu vraisemblable que la notion de rentabilité, c'est-à-dire de résultat plus grand que l'effort entrepris, disparaisse et n'inspire plus dans une certaine mesure les décisions.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) David B. HERTZ, Risk Analysis in Capital Investment, Harvard Business Review, Jan.-Feb. 1964

(2) D. I. Cleland & W. R. KING, L'Analyse des Systèmes, Entreprise Moderne d'Edition, Toulouse, 1970

(3) Gérald LATIERE, Analyse de Systèmes et Techniques Décisionnelles, Dunod économie, Paris, 1970

(4) P. CONSO, La Gestion Financière de l'Entreprise, Dunod, Paris, 1971

(5) H. BIRMANN & S. SMIDT, La Préparation des Décisions Financières dans l'Entreprise, Dunod, Paris, 1968

(6) E. SOLOMON, The Theory of Financial Management, Columbia University Press

(7) IBM System Journal, Vol. 12, numéro 2, 1973

(8) G. CHAMBERS, S.K. MULLICK and D. SMITH, How to choose the Right Forecasting Techniques, Harvard Business Review, July - Aug. 1968

(9) J. MOTHES, Prévisions et Décisions Statistiques dans l'Entreprise, Dunod, Paris, 1968

(10) James B. BRIGHT, Technological Forecasting for Industry and Government, Prentice-Hall, New-Jersey, 1968

(11) D. G. CHAMPERNOWNE, Uncertainly & Estimation in Economics, Oliber & Boyd and Holden Day, San Francisco, 1969

(12) J. JOHNSTON, Econometric Methods, Mc Graw Hill, New-York, 1960

(13) Dominique HELLE, Les Techniques de Prévision au Service de l'Entreprise, Edition d'Organisation, Paris, 1970

(14) H. Q. NORTH and D. L. PYKE, 'Probes' of the Technological Future, Harvard Business Review, May-June 1969

(15) G. G. C. PARKER and E. L. SEGURA, How to get a better forecast, Harvard Business Review, March-April, 1971

(16) T. H. NAYLOR, Computer Simulation Techniques, John Wiley & Sons, 1968

(17) J. DELORS, La Croissance au Défi, Analyse et Prévisions, avril 74

Concernant les méthodes de prévision et de simulation en général :

- P. ROSENTHIEL & A. GHOULIA-HOURI, Les Choix Economiques, Dunod, Paris, 1960

- J.-J. LAMBIN, La Décision Commerciale Face à l'Incertain, Dunod, Paris, 1965

- R. E. BEARD, T. PENTIKAÏNEN, E. PESONEN, Risk Theory, Willmer Brothers Ltd, U.K., 1969 et Barnes & Noble, Inc, U.S.A.

- R. BERTHILLIER et J. M. FRELY, La simulation électronique des activités de l'entreprise, Dunod, Paris, 1969

- H. M. WAGNER, Principles of Operations Research with application to managerial decisions, Prentice Hall, 1969

- G. KULLMANN, Recherche Opérationnelle, Masson & Cie, Paris, 1970

- A. KAUFMANN, Méthodes de la recherche opérationnelle, Dunod, Paris, 1970

- John F. MAGEE, How to use decision trees in capital investment, Harvard Business Review, Sept-Oct. 1964

ANNEXE A

ANALYSE DE SENSIBILITE

RATE OF RETURN AND PAY-BACK PERIOD

RATE OF RETURN =20.39

PAY-BACK PERIOD 5.69

CHIFFRE D' AFFAIRES : + 10 %

COMPTES DE PERTES & PROFITS ET DE CASH FLOW (EN FRANCS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VOL VENTES	1320.	1540.	1760.	1980.	2200.	2420.	2640.	2860.	3080.	3300.
PRIX VENTE	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.
CHIF D'AFF	6600.	7700.	8800.	9900.	11000.	12100.	13200.	14300.	15400.	16500.
COUT MP+MOD	3960.	4620.	5280.	5940.	6600.	7018.	7656.	8294.	8932.	9570.
AUTRES VARBL	660.	770.	880.	990.	1100.	1210.	1320.	1430.	1540.	1650.
FRAIS MKTG	100.	110.	120.	130.	140.	150.	160.	170.	180.	190.
FRAIS FIXES	150.	158.	165.	174.	182.	191.	201.	211.	222.	233.
AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
FRAIS COMM	300.	315.	331.	347.	365.	383.	402.	442.	486.	535.
BENEFICE BRT	743.	352.	649.	1044.	1488.	2073.	2548.	3328.	3940.	4222.
IMP S/BENEF.	297.	141.	260.	418.	595.	829.	1019.	1331.	1576.	1689.
BENEFICE NET	445.	212.	389.	626.	893.	1244.	1529.	1997.	2364.	2533.

AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
CASH INFLOW	1133.	1586.	1764.	1901.	2018.	2319.	2442.	2422.	2464.	2633.
INVEST TOTAL	5000.	5000.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
NET CASHFLOW	-3867.	-3413.	1764.	1901.	2018.	2319.	2442.	2422.	2464.	2633.

RATE OF RETURN AND PAY-BACK PERIOD

RATE OF RETURN =12.90

PAY-BACK PERIOD 6.67

CHIFFRE D'AFFAIRES : -4% (SUR PRIX DE VENTE)

CO' 'ES DE PERTES & PROFITS ET DE CASH FLOW (' 0 FRANCS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VOLUME VT	1200.	1400.	1600.	1800.	2000.	2200.	2400.	2600.	2800.	3000.
PRIX VENTE	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.
CHIF D'AFF	5760.	6720.	7680.	8640.	9600.	10560.	11520.	12480.	13440.	14400.
COUT MP+MDO	3600.	4200.	4800.	5400.	6000.	6380.	6960.	7540.	8120.	8700.
AUTRES VARBL	576.	672.	768.	864.	960.	1056.	1152.	1248.	1344.	1440.
FRAIS MKTG	100.	110.	120.	130.	140.	150.	160.	170.	180.	190.
FRAIS FIXES	150.	158.	165.	174.	182.	191.	201.	211.	222.	233.
AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
FRAIS COMM	300.	315.	331.	347.	365.	383.	402.	442.	486.	535.
BENEFICE BRT	346.	-109.	121.	450.	828.	1325.	1732.	2444.	2988.	3202.
IMP S/BENEF.	139.	-44.	48.	180.	331.	530.	693.	977.	1195.	1281.
BENEFICE NET	208.	-66.	73.	270.	497.	795.	1039.	1466.	1793.	1921.

AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
CASH INFLOW	895.	1309.	1448.	1545.	1622.	1870.	1952.	1891.	1893.	2021.
INVEST TOTAL	5000.	5000.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
NET CASHFLOW	-4105.	-3691.	1448.	1545.	1622.	1870.	1952.	1891.	1893.	2021.

RATE OF RETURN AND PAY-BACK PERIOD

RATE OF RETURN =13.32

PAY-BACK PERIOD 6.64

Volume: - 200 par année

COMPTES DE PERTES & PROFITS ET DE CASH FLOW (000 FRANCS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VOLUME VT	1000.	1200.	1400.	1600.	1800.	2000.	2200.	2400.	2600.	2800.
PRIX VENTE	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.
CHIF D'AFF	5000.	6000.	7000.	8000.	9000.	10000.	11000.	12000.	13000.	14000.
COUT MP+MDO	3000.	3600.	4200.	4800.	5400.	5800.	6380.	6960.	7540.	8120.
AUTRES VARBL	500.	600.	700.	800.	900.	1000.	1100.	1200.	1300.	1400.
FRAIS MKTG	100.	110.	120.	130.	140.	150.	160.	170.	180.	190.
FRAIS FIXES	150.	158.	165.	174.	182.	191.	201.	211.	222.	233.
AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
FRAIS COMM	300.	315.	331.	347.	365.	383.	402.	442.	486.	535.
BENEFICE BRT	263.	-158.	109.	474.	888.	1401.	1844.	2592.	3172.	3422.
IMP S/BENEF.	105.	-63.	44.	190.	355.	560.	738.	1037.	1269.	1369.
BENEFICE NET	158.	-94.	65.	284.	533.	840.	1107.	1555.	1903.	2053.

AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
CASH INFLOW	845.	1281.	1440.	1559.	1658.	1915.	2019.	1980.	2003.	2153.
INVEST TOTAL	5000.	5000.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
NET CASHFLOW	-4155.	-3719.	1440.	1559.	1658.	1915.	2019.	1980.	2003.	2153.

RATE OF RETURN AND PAY-BACK PERIOD

RATE OF RETURN =10.22

PAY-BACK PERIOD 7.14

MATIERES PREMIERES } + 10 %
ET MAIN D'OEUVRE }

CO ES DE PERTES & PROFITS ET DE CASH FLOW (FRANCS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VOLUME VT	1200.	1400.	1600.	1800.	2000.	2200.	2400.	2600.	2800.	3000.
PRIX VENTE	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.
CHIF D'AFF	6000.	7000.	8000.	9000.	10000.	11000.	12000.	13000.	14000.	15000.
COUT MP+MOD	3960.	4620.	5280.	5940.	6600.	7018.	7656.	8294.	8932.	9570.
AUTRES VARBL	600.	700.	800.	900.	1000.	1100.	1200.	1300.	1400.	1500.
FRAIS MKTG	100.	110.	120.	130.	140.	150.	160.	170.	180.	190.
FRAIS FIXES	150.	158.	165.	174.	182.	191.	201.	211.	222.	233.
AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
FRAIS COMM	300.	315.	331.	347.	365.	383.	402.	442.	486.	535.
BENEFICE BRT	202.	-278.	-71.	234.	588.	1083.	1468.	2158.	2680.	2872.
IMP S/BENEF.	81.	-111.	-28.	94.	235.	433.	587.	863.	1072.	1149.
BENEFICE NET	121.	-167.	-43.	140.	353.	650.	881.	1295.	1608.	1723.
AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
CASH INFLOW	809.	1208.	1332.	1415.	1478.	1725.	1794.	1720.	1708.	1823.
INVEST TOTAL	5000.	5000.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
NET CASHFLOW	-4191.	-3791.	1332.	1415.	1478.	1725.	1794.	1720.	1708.	1823.

RATE OF RETURN AND PAY-BACK PERIOD

RATE OF RETURN =20.26

PAY-BACK PERIOD 5.69

MATIERES PREMIERES } - 5%
ET MAIN D'OEUVRE }

COMPTES DE PERTES & PROFITS ET DE CASH FLOW (EN FRANCS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VOLUME VT	1200.	1400.	1600.	1800.	2000.	2200.	2400.	2600.	2800.	3000.
PRIX VENTE	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.
CHIF D'AFF	6000.	7000.	8000.	9000.	10000.	11000.	12000.	13000.	14000.	15000.
COUT MP+MDO	3420.	3990.	4560.	5130.	5700.	6061.	6612.	7163.	7714.	8265.
AUTRES VARBL	600.	700.	800.	900.	1000.	1100.	1200.	1300.	1400.	1500.
FRAIS MKTG	100.	110.	120.	130.	140.	150.	160.	170.	180.	190.
FRAIS FIXES	150.	158.	165.	174.	182.	191.	201.	211.	222.	233.
AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
FRAIS COMM	300.	315.	331.	347.	365.	383.	402.	442.	486.	535.
BENEFICE BRT	743.	352.	649.	1044.	1488.	2040.	2512.	3289.	3898.	4177.
IMP S/BENEF.	297.	141.	260.	418.	595.	816.	1005.	1315.	1559.	1671.
BENEFICE NET	445.	212.	389.	626.	893.	1224.	1507.	1973.	2339.	2506.
AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
CASH INFLOW	1133.	1586.	1764.	1901.	2018.	2299.	2420.	2398.	2439.	2606.
INVEST TOTAL	5000.	5000.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
NET CASHFLOW	-3867.	-3413.	1764.	1901.	2018.	2299.	2420.	2398.	2439.	2606.

RATE OF RETURN AND PAY-BACK PERIOD

RATE OF RETURN =14.55

PAY-BACK PERIOD 6.42

Investissement : + 10 %

CO 'ES DE PERTES & PROFITS ET DE CASH FLOW (\ FRANCS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VOLUME VT	1200.	1400.	1600.	1800.	2000.	2200.	2400.	2600.	2800.	3000.
PRIX VENTE	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.
CHIF D'AFF	6000.	7000.	8000.	9000.	10000.	11000.	12000.	13000.	14000.	15000.
COUT MP+MDO	3600.	4200.	4800.	5400.	6000.	6380.	6960.	7540.	8120.	8700.
AUTRES VARBL	600.	700.	800.	900.	1000.	1100.	1200.	1300.	1400.	1500.
FRAIS MKTG	100.	110.	120.	130.	140.	150.	160.	170.	180.	190.
FRAIS FIXES	150.	158.	165.	174.	182.	191.	201.	211.	222.	233.
AMORT TOTAL	756.	1512.	1512.	1402.	1237.	1182.	1004.	468.	110.	110.
FRAIS COMM	300.	315.	331.	347.	365.	383.	402.	442.	486.	535.
BENEFICE BRT	494.	5.	271.	647.	1076.	1613.	2073.	2869.	3482.	3732.
IMP S/BENEF.	197.	2.	109.	259.	430.	645.	829.	1148.	1393.	1493.
BENEFICE NET	294.	3.	163.	388.	645.	968.	1244.	1722.	2089.	2239.

AMORT TOTAL	756.	1512.	1512.	1402.	1237.	1182.	1004.	468.	110.	110.
CASH INFLOW	1052.	1516.	1675.	1790.	1883.	2150.	2248.	2189.	2199.	2349.
INVEST TOTAL	5500.	5500.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
NET CASHFLOW	-4447.	-3984.	1675.	1790.	1883.	2150.	2248.	2189.	2199.	2349.

AMORTISSEMENTS (000 FRANCS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INVEST.BAT.	1375.	1375.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
TAUX BAT.	4.	4.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
AMORT S/BAT	55.	110.	110.	110.	110.	110.	110.	110.	110.	110.
INVEST MACH	3575.	3575.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
TAUX MACH	15.	15.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
AMORT S/MACH	536.	1072.	1072.	1072.	1072.	1072.	894.	358.	0.	0.
INVEST OUTIL	550.	550.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
TAUX OUTILL.	30.	30.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
AMORT S/OUT.	165.	330.	330.	220.	55.	0.	0.	0.	0.	0.
AMORT TOTAL	756.	1512.	1512.	1402.	1237.	1182.	1004.	468.	110.	110.

RATE OF RETURN AND PAY-BACK PERIOD

RATE OF RETURN =16.81

PAY-BACK PERIOD 6.12

FRAIS MARKETING : + 10 %

C' TES DE PERTES & PROFITS ET DE CASH FLOW '00 FRANCS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VOLUME VT	1200.	1400.	1600.	1800.	2000.	2200.	2400.	2600.	2800.	3000.
PRIX VENTE	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.
CHIF D'AFF	6000.	7000.	8000.	9000.	10000.	11000.	12000.	13000.	14000.	15000.
COUT MP+MO	3600.	4200.	4800.	5400.	6000.	6380.	6960.	7540.	8120.	8700.
AUTRES VARBL	600.	700.	800.	900.	1000.	1100.	1200.	1300.	1400.	1500.
FRAIS MKTG	110.	121.	132.	143.	154.	165.	176.	187.	198.	209.
FRAIS FIXES	150.	158.	165.	174.	182.	191.	201.	211.	222.	233.
AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
FRAIS COMM	300.	315.	331.	347.	365.	383.	402.	442.	486.	535.
BENEFICE BRT	552.	131.	397.	761.	1174.	1706.	2148.	2895.	3474.	3723.
IMP S/BENEF.	221.	53.	159.	304.	470.	682.	859.	1158.	1390.	1489.
BENEFICE NET	331.	79.	238.	457.	704.	1023.	1289.	1737.	2084.	2234.

AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
CASH INFLOW	1019.	1454.	1613.	1732.	1829.	2098.	2202.	2162.	2184.	2334.
INVEST TOTAL	5000.	5000.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
NET CASHFLOW	-3981.	-3546.	1613.	1732.	1829.	2098.	2202.	2162.	2184.	2334.

RATE OF RETURN AND PAY-BACK PERIOD

RATE OF RETURN =16.76

PAY-BACK PERIOD 6.12

FRAIS FIXES : + 10 %

********** CO TES DE PERTES & PROFITS ET DE CASH FLOW ' '0 FRANCS) **********

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VOLUME VT	1200.	1400.	1600.	1800.	2000.	2200.	2400.	2600.	2800.	3000.
PRIX VENTE	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.
CHIF D'AFF	6000.	7000.	8000.	9000.	10000.	11000.	12000.	13000.	14000.	15000.
COUT MP+MDO	3600.	4200.	4800.	5400.	6000.	6380.	4960.	7540.	8120.	8700.
AUTRES VARBL	600.	700.	800.	900.	1000.	1100.	1200.	1300.	1400.	1500.
FRAIS MKTG	100.	110.	120.	130.	140.	150.	160.	170.	180.	190.
FRAIS FIXES	165.	173.	182.	191.	201.	211.	221.	232.	244.	256.
AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
FRAIS COMM	300.	315.	331.	347.	365.	383.	402.	442.	486.	535.
BENEFICE BRT	548.	127.	392.	757.	1170.	1702.	2144.	2891.	3470.	3719.
IMP S/BENEF.	219.	51.	157.	303.	468.	681.	858.	1156.	1388.	1488.
BENEFICE NET	328.	76.	235.	454.	702.	1021.	1287.	1734.	2082.	2231.
AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
CASH INFLOW	1016.	1451.	1610.	1729.	1827.	2096.	2199.	2159.	2182.	2331.
INVEST TOTAL	5000.	5000.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
NET CASHFLOW	-3984.	-3549.	1610.	1729.	1827.	2096.	2199.	2159.	2182.	2331.

RATE OF RETURN AND PAY-BACK PERIOD

RATE OF RETURN =10.54

PAY-BACK PERIOD 6.15

FRAIS COMMUNS : + 10 %

ETATS DE PERTES & PROFITS ET DE CASH FLOW (10 FRANCS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VOLUME VT	1200.	1400.	1600.	1800.	2000.	2200.	2400.	2600.	2800.	3000.
PRIX VENTE	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.	5.
CHIF D'AFF	6000.	7000.	8000.	9000.	10000.	11000.	12000.	13000.	14000.	15000.
COUT MP+MDO	3600.	4200.	4500.	5400.	6000.	6380.	6960.	7540.	8120.	8700.
AUTRES VARBL	600.	700.	800.	900.	1000.	1100.	1200.	1300.	1400.	1500.
FRAIS MKTG	100.	110.	120.	130.	140.	150.	160.	170.	180.	190.
FRAIS FIXES	150.	158.	165.	174.	182.	191.	201.	211.	222.	233.
AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	425.	100.	100.
FRAIS COMM	330.	346.	364.	382.	401.	421.	442.	486.	535.	589.
BENEFICE BRT	533.	111.	576.	739.	1152.	1682.	2124.	2867.	3443.	3689.
IMP S/BENEF.	213.	44.	150.	296.	461.	673.	850.	1147.	1377.	1475.
BENEFICE NET	319.	67.	225.	444.	691.	1009.	1275.	1720.	2066.	2213.

AMORT TOTAL	688.	1375.	1375.	1275.	1125.	1075.	913.	475.	100.	100.
CASH INFLOW	1007.	1442.	1600.	1719.	1816.	2084.	2187.	2145.	2166.	2313.
INVEST TOTAL	5000.	5000.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
NET CASHFLOW	-3993.	-3558.	1600.	1719.	1816.	2084.	2187.	2145.	2166.	2313.

ANNEXE B

*** CONVERGENCE DE LA MOYENNE ET DU SIGMA EN FONCTION DU NOMBRE DE RUNS

*** LINEARITE ENTRE VARIANCE DU RESULTAT ET VARIANCE DES RUBRIQUES DE BASE

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.0163	6.1180
E.Q.M.	2.1383	0.3467

NOMBRE D'ITERATIONS 500

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.22 %	ET18.82 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.83 ANS	ET 6.41 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.28 %	ET19.76 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.67 ANS	ET 6.56 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 13.50 %	ET20.53 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.55 ANS	ET 6.69 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 12.83 %	ET21.21 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.44 ANS	ET 6.80 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 11.51 %	ET22.52 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.23 ANS	ET 7.01 ANS

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.9666	6.1259
E.Q.M.	2.1449	0.3477

NOMBRE D'ITERATIONS 350

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.16 %	ET18.77 %		60. % DE CHANCE	ENTRE 5.83 %	ET 6.42 %
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.22 %	ET19.72 %		80. % DE CHANCE	ENTRE 5.68 %	ET 6.57 %
90. % DE CHANCE	ENTRE 13.44 %	ET20.49 %		90. % DE CHANCE	ENTRE 5.55 %	ET 6.70 %
95. % DE CHANCE	ENTRE 12.76 %	ET21.17 %		95. % DE CHANCE	ENTRE 5.44 %	ET 6.81 %
99. % DE CHANCE	ENTRE 11.44 %	ET22.49 %		99. % DE CHANCE	ENTRE 5.23 %	ET 7.02 %

350 Itérations

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.9799	6.1170
E.Q.M.	2.1627	0.3553

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.16 %	ET18.80 %		60. % DE CHANCE	ENTRE 5.82 %	ET 6.42 %
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.21 %	ET19.75 %		80. % DE CHANCE	ENTRE 5.66 %	ET 6.57 %
90. % DE CHANCE	ENTRE 13.42 %	ET20.54 %		90. % DE CHANCE	ENTRE 5.53 %	ET 6.70 %
95. % DE CHANCE	ENTRE 12.74 %	ET21.22 %		95. % DE CHANCE	ENTRE 5.42 %	ET 6.81 %
99. % DE CHANCE	ENTRE 11.41 %	ET22.55 %		99. % DE CHANCE	ENTRE 5.20 %	ET 7.03 %

200 Itérations

AGA/RO/MA

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.2452	6.0491
E.Q.M.	2.0063	0.3300

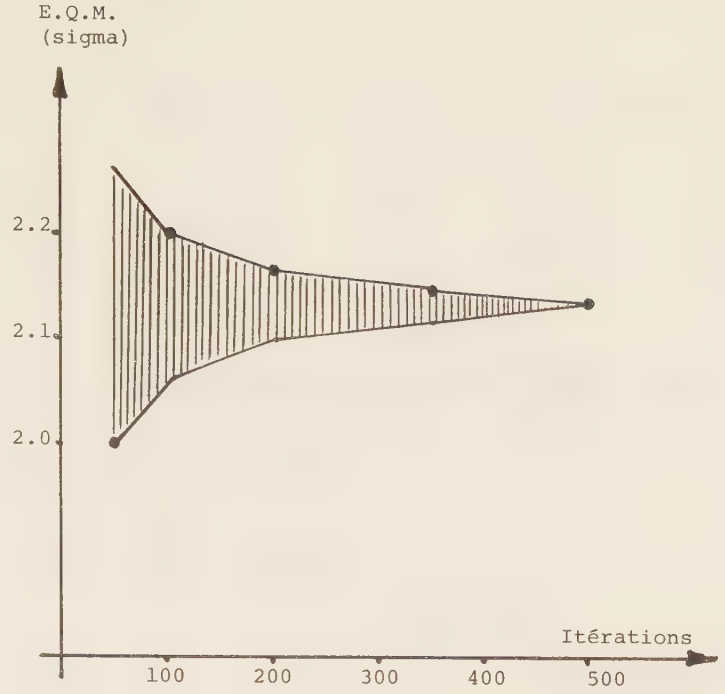
NOMBRE D'ITERATIONS 50

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

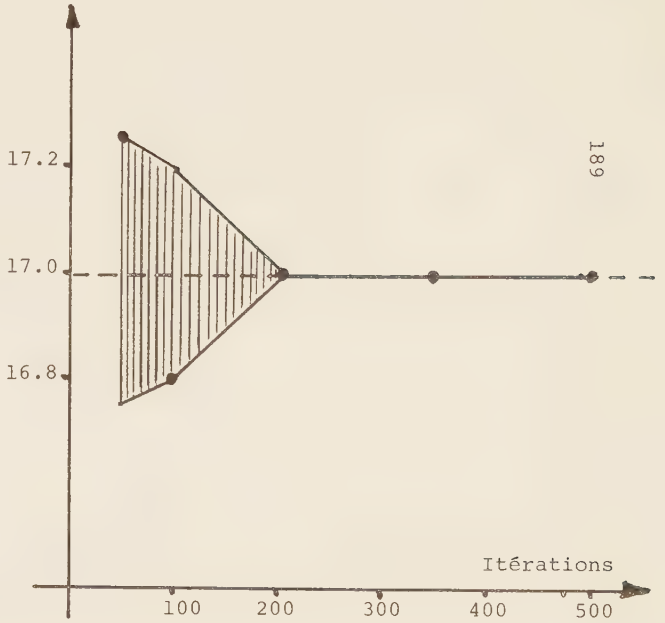
RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.56 %	ET18.93 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.77 %	ET 6.33 %
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.67 %	ET19.82 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.63 %	ET 6.47 %
90. % DE CHANCE	ENTRE 13.94 %	ET20.55 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.51 %	ET 6.59 %
95. % DE CHANCE	ENTRE 13.31 %	ET21.18 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.40 %	ET 6.70 %
99. % DE CHANCE	ENTRE 12.08 %	ET22.41 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.20 %	ET 6.90 %

50 Itérations

Evolution de l'écart quadratique moyen
en fonction du nombre d'itérations



Evolution de la moyenne
en fonction du nombre d'itérations



RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.5663	6.2332
E.O.M.	5.7411	0.9735

NOMBRE D'ITERATIONS 100

± 25 %

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 11.73 %	ET21.40 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.41 %	ET 7.05 %
80. % DE CHANCE	ENTRE 9.21 %	ET23.92 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 4.99 %	ET 7.48 %
90. % DE CHANCE	ENTRE 7.12 %	ET26.01 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 4.63 %	ET 7.83 %
95. % DE CHANCE	ENTRE 5.31 %	ET27.82 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 4.33 %	ET 8.14 %
99. % DE CHANCE	ENTRE 1.78 %	ET31.35 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 3.73 %	ET 8.74 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.7218	6.1496
E.Q.M.	3.3298	0.5364

± 15 %

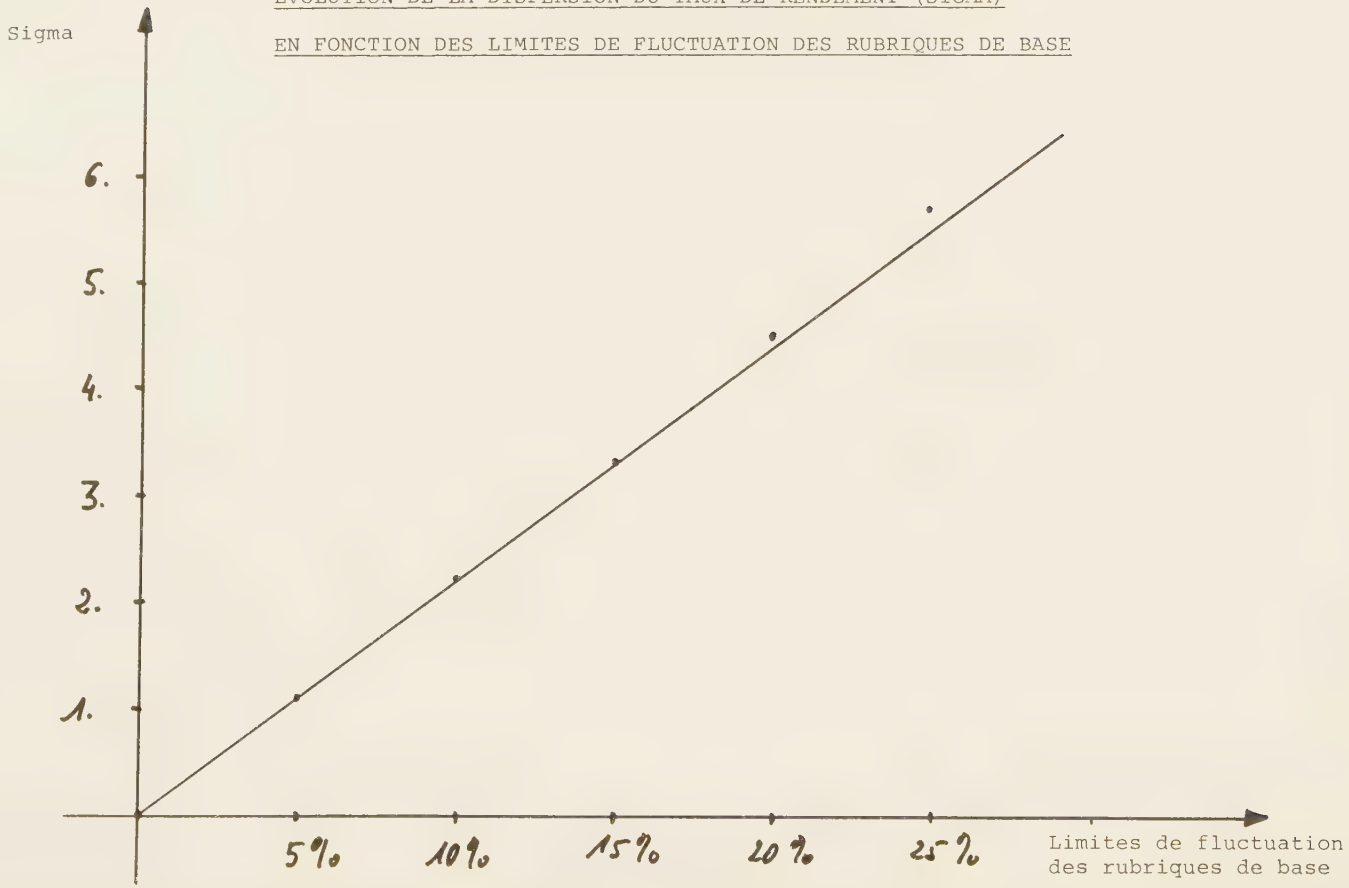
NOMBRE D'ITERATIONS 100

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 13.92 %	ET19.52 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.70 %	ET 6.60 %
80. % DE CHANCE	ENTRE 12.45 %	ET20.99 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.46 %	ET 6.84 %
90. % DE CHANCE	ENTRE 11.24 %	ET22.20 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.27 %	ET 7.03 %
95. % DE CHANCE	ENTRE 10.20 %	ET23.25 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.10 %	ET 7.20 %
99. % DE CHANCE	ENTRE 8.15 %	ET25.30 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 4.77 %	ET 7.53 %

EVOLUTION DE LA DISPERSION DU TAUX DE RENDEMENT (SIGMA)

EN FONCTION DES LIMITES DE FLUCTUATION DES RUBRIQUES DE BASE



ANNEXE C

Dépendance inter-variable nulle

Dépendance temporelle (α), de 0.10 à 1.00

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.6923	6.1301
E.Q.M.	1.9519	0.3286

NOMBRE D'ITERATIONS 100

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.05 %	ET18.34 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.85 ANS	ET 6.41 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.19 %	ET19.19 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.71 ANS	ET 6.55 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 13.48 %	ET19.90 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.59 ANS	ET 6.67 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 12.87 %	ET20.52 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.49 ANS	ET 6.77 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 11.67 %	ET21.72 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.28 ANS	ET 6.98 ANS

Dipendances variables : 0 % temporelle: 10 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.0539	6.0816
E.Q.M.	1.4707	0.2500

NOMBRE D'ITERATIONS 100

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.82 %	ET18.29 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.87 ANS	ET 6.29 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.17 %	ET18.94 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.76 ANS	ET 6.40 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.63 %	ET19.47 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.67 ANS	ET 6.49 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.17 %	ET19.94 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.59 ANS	ET 6.57 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.27 %	ET20.84 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.44 ANS	ET 6.73 ANS

Dépendances variables : 0 % temporelle : 25 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.0959	6.0767
E.Q.M.	1.4521	0.2256

NOMBRE D'ITERATIONS 100

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.87 %	ET18.32 %		60. % DE CHANCE	ENTRE 5.89 ANS	ET 6.27 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.23 %	ET18.96 %		80. % DE CHANCE	ENTRE 5.79 ANS	ET 6.37 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.71 %	ET19.48 %		90. % DE CHANCE	ENTRE 5.71 ANS	ET 6.45 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.25 %	ET19.94 %		95. % DE CHANCE	ENTRE 5.63 ANS	ET 6.52 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.36 %	ET20.84 %		99. % DE CHANCE	ENTRE 5.50 ANS	ET 6.66 ANS

Dépendances variables : 0 % temporelle : 50 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.0117	6.0968
E.Q.M.	1.4208	0.2223

NOMBRE D'ITERATIONS 100

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.82 %	ET18.21 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.91 ANS	ET 6.28 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.19 %	ET18.83 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.81 ANS	ET 6.38 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.67 %	ET19.35 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.73 ANS	ET 6.46 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.23 %	ET19.80 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.66 ANS	ET 6.53 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.35 %	ET20.67 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.52 ANS	ET 6.67 ANS

Dépendances variables: 0 % temporelle: 75 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.0315	6.0488
E.Q.M.	1.4177	0.2163

NOMBRE D'ITERATIONS 100

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.84 %	ET18.22 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.91 ANS	ET 6.27 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.21 %	ET18.85 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.81 ANS	ET 6.37 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.70 %	ET19.36 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.73 ANS	ET 6.44 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.25 %	ET19.81 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.66 ANS	ET 6.51 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.38 %	ET20.68 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.53 ANS	ET 6.65 ANS

Dépendances variables : 0 % temporelle : 70 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.2923	6.0567
E.Q.M.	1.6945	0.2706

NOMBRE D'ITERATIONS 100

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.87 %	ET18.72 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.83 ANS	ET 6.28 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.12 %	ET19.46 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.71 ANS	ET 6.40 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.50 %	ET20.08 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.61 ANS	ET 6.50 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 13.97 %	ET20.61 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.53 ANS	ET 6.59 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 12.93 %	ET21.66 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.36 ANS	ET 6.75 ANS

Dépendances variables : 0 % temporelle : 95 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.9549	6.1491
E.Q.M.	1.7344	0.3205

NOMBRE D'ITERATIONS 100

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.49 %	ET18.41 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.88 ANS	ET 6.42 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.73 %	ET19.18 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.74 ANS	ET 6.56 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.10 %	ET19.81 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.62 ANS	ET 6.68 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 13.56 %	ET20.35 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.52 ANS	ET 6.78 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 12.49 %	ET21.42 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.32 ANS	ET 6.97 ANS

dépendances variable : 0 % temporelle: 99 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.2142	6.0999
E.Q.M.	2.3747	0.3691

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.22 %	ET19.21 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.79 ANS	ET 6.41 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.17 %	ET20.26 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.63 ANS	ET 6.57 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 13.31 %	ET21.12 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.49 ANS	ET 6.71 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 12.56 %	ET21.87 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.38 ANS	ET 6.82 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 11.10 %	ET23.33 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.15 ANS	ET 7.05 ANS

Dépendances variables : 0 % temporelle : 99.9 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.6488	????????????????
E.Q.M.	6.3763	0.9594

NOMBRE D'ITERATIONS 500

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 11.28 %	ET22.02 %		60. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 8.48 %	ET24.82 %		80. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 6.16 %	ET27.14 %		90. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 4.15 %	ET29.15 %		95. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 0.23 %	ET33.07 %		99. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS

Dépendances variables : 0 % temporelle : 100 %

ANNEXE D

Dépendance temporelle nulle

Dépendance variables (ρ), de 0.10 à 1.00

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.9324	6.1186
E.Q.M.	2.0047	0.3488

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.24 %	ET18.62 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.82 ANS	ET 6.41 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.36 %	ET19.50 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.67 ANS	ET 6.57 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 13.63 %	ET20.23 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.54 ANS	ET 6.69 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 13.00 %	ET20.86 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.43 ANS	ET 6.80 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 11.77 %	ET22.09 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.22 ANS	ET 7.02 ANS

Dépendance variables : 10 % temporelle : 0 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.1710	6.0972
E.Q.M.	2.0022	0.3165

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.49 %	ET18.86 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.83 ANS	ET 6.36 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.60 %	ET19.74 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.69 ANS	ET 6.50 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 13.88 %	ET20.46 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.58 ANS	ET 6.62 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 13.25 %	ET21.10 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.48 ANS	ET 6.72 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 12.02 %	ET22.33 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.28 ANS	ET 6.91 ANS

Dépendances variables: 30 % temporelle: 0 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.9061	6.1084
E.U.M.	1.8920	0.2820

NOMBRE D'ITERATIONS 100

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.31 %	ET18.50 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.87 ANS	ET 6.34 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.48 %	ET19.33 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.75 ANS	ET 6.47 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 13.79 %	ET20.02 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.64 ANS	ET 6.57 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 13.20 %	ET20.61 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.55 ANS	ET 6.66 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 12.03 %	ET21.78 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.38 ANS	ET 6.83 ANS

dépendances variables : 50 % temporelle : 0 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.2476	6.0877
E.Q.M.	1.9436	0.3215

NOMBRE D'ITERATIONS 100

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION FST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.61 %	ET18.88 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.82 ANS	ET 6.36 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.76 %	ET19.74 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.68 ANS	ET 6.50 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.05 %	ET20.44 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.56 ANS	ET 6.62 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 13.44 %	ET21.06 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.46 ANS	ET 6.72 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 12.24 %	ET22.25 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.26 ANS	ET 6.92 ANS

Dépendance variable : 70 % temporelle : 0 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.5640	6.1587
E.O.M.	1.9650	0.3267

NOMBRE D'ITERATIONS 100

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 14.91 %	ET18.22 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.86 ANS	ET 6.41 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.05 %	ET19.08 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.72 ANS	ET 6.56 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 13.33 %	ET19.80 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.60 ANS	ET 6.68 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 12.71 %	ET20.42 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.50 ANS	ET 6.78 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 11.50 %	ET21.62 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.30 ANS	ET 6.96 ANS

Dépendances variables : 70 % temporelle : 0 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.8159	6.1226
E.Q.M.	2.0657	0.3220

NOMBRE D'ITERATIONS 300

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.08 %	ET18.55 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.85 ANS	ET 6.39 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.17 %	ET19.46 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.71 ANS	ET 6.54 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 13.42 %	ET20.21 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.59 ANS	ET 6.65 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 12.77 %	ET20.86 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.49 ANS	ET 6.75 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 11.50 %	ET22.14 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.29 ANS	ET 6.95 ANS

Dipendenza variabile: 100% temporelle: 0%

ANNEXE E

Dépendance temporelle (α), de 0.10 à 1.00

Dépendance inter-variable (β) de 0.10 à 1.00

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.0514	6.1037
E.Q.M.	1.9413	0.3080

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.42 %	ET18.69 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.84 ANS	ET 6.36 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.56 %	ET19.54 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.71 ANS	ET 6.50 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 13.86 %	ET20.24 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.60 ANS	ET 6.61 ANS
95. % DE CHANCE.	ENTRE 13.25 %	ET20.36 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.50 ANS	ET 6.71 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 12.05 %	ET22.05 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.31 ANS	ET 6.90 ANS

Dépendances variable: 19 % temporelle 10 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.8974	6.1063
E.Q.M.	1.5887	0.7556

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.56 %	ET18.23 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.89 ANS	ET 6.32 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.86 %	ET18.93 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.78 ANS	ET 6.43 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.29 %	ET19.51 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.69 ANS	ET 6.53 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 13.78 %	ET20.01 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.61 ANS	ET 6.61 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 12.81 %	ET20.99 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.45 ANS	ET 6.76 ANS

Dépendances variables : 30 % temporelle : 10 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.8919	6.1168
E.Q.M.	1.8005	0.2753

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.38 %	ET18.41 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.89 ANS	ET 6.35 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.58 %	ET19.20 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.76 ANS	ET 6.47 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 13.93 %	ET19.85 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.66 ANS	ET 6.57 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 13.36 %	ET20.42 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.58 ANS	ET 6.66 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 12.26 %	ET21.53 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.41 ANS	ET 6.83 ANS

dépendances variables : 50 % temporelle : 10 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.9921	6.0931
E.Q.M.	1.6661	0.2603

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.59 %	ET18.39 %		60. % DE CHANCE	ENTRE 5.87 ANS	ET 6.31 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.86 %	ET19.13 %		80. % DE CHANCE	ENTRE 5.76 ANS	ET 6.43 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.25 %	ET19.73 %		90. % DE CHANCE	ENTRE 5.66 ANS	ET 6.52 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 13.73 %	ET20.26 %		95. % DE CHANCE	ENTRE 5.58 ANS	ET 6.60 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 12.70 %	ET21.28 %		99. % DE CHANCE	ENTRE 5.42 ANS	ET 6.76 ANS

Dépendance variable : 70 % temporelle : 10 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.0156	6.0911
E.Q.M.	1.7627	0.2918

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.53 %	ET18.50 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.85 ANS	ET 6.34 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.75 %	ET19.27 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.72 ANS	ET 6.47 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.11 %	ET19.91 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.61 ANS	ET 6.57 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 13.56 %	ET20.47 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.52 ANS	ET 6.66 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 12.47 %	ET21.55 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.34 ANS	ET 6.84 ANS

Dépendances variables: 90 % temporelle: 10 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16,9864	6,1044
E.U.M.	1,8523	0,2939

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15,43 %	ET18,55 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5,86 ANS	ET 6,35 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14,61 %	ET19,36 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5,73 ANS	ET 6,48 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 13,94 %	ET20,03 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5,62 ANS	ET 6,59 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 13,36 %	ET20,62 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5,53 ANS	ET 6,68 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 12,22 %	ET21,76 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5,35 ANS	ET 6,86 ANS

Dépendances variables : 100 % Temporelle : 10 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.9703	6.0815
E.Q.M.	1.6437	0.2578

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.59 %	ET18.35 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.86 ANS	ET 6.30 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.86 %	ET19.08 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.75 ANS	ET 6.41 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.27 %	ET19.67 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.66 ANS	ET 6.51 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 13.75 %	ET20.19 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.58 ANS	ET 6.59 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 12.74 %	ET21.20 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.42 ANS	ET 6.75 ANS

Dépendances variables: 10 % temporelle: 25 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.9459	6.1162
E.Q.M.	1.6419	0.2519

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.56 %	ET18.33 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.90 ANS	ET 6.33 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.84 %	ET19.05 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.79 ANS	ET 6.44 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.25 %	ET19.65 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.70 ANS	ET 6.53 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 13.73 %	ET20.16 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.62 ANS	ET 6.61 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 12.72 %	ET21.17 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.47 ANS	ET 6.76 ANS

Dépendances variables: 30 % temporelle: 25 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.8921	6.1059
E.Q.M.	1.4456	0.2303

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD	
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.68 %	ET18.11 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.91 ANS ET 6.30 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.04 %	ET18.74 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.81 ANS ET 6.40 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.51 %	ET19.27 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.73 ANS ET 6.48 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.06 %	ET19.73 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.65 ANS ET 6.56 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.17 %	ET20.61 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.51 ANS ET 6.70 ANS

Dépendances variables: 50% temporelle: 25%

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.8317	6.1003
E.T.M.	1.6973	0.2450

NOMBRE D'ITERATIONS 100

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD	
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.40 %	ET18.26 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.89 ANS	ET 6.31 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.66 %	ET19.01 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.79 ANS	ET 6.41 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.06 %	ET19.62 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.70 ANS	ET 6.50 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 13.51 %	ET20.16 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.62 ANS	ET 6.58 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 12.46 %	ET21.20 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.47 ANS	ET 6.73 ANS

Dépendances variables : 70 % temporelle : 25 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.8900	6.1275
E.Q.M.	1.6269	0.2579

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.52 %	ET18.26 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.91 ANS	ET 6.34 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.80 %	ET18.98 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.80 ANS	ET 6.46 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.21 %	ET19.57 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.70 ANS	ET 6.55 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 13.70 %	ET20.08 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.62 ANS	ET 6.63 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 12.70 %	ET21.08 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.46 ANS	ET 6.79 ANS

Dépendances: variables: 90 % temporelle: 25 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.1255	6.0897
E.Q.M.	1.4899	0.2220

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.87 %	ET18.38 %		60. % DE CHANCE	ENTRE 5.90 ANS	ET 6.28 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.22 %	ET19.04 %		80. % DE CHANCE	ENTRE 5.81 ANS	ET 6.37 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.67 %	ET19.58 %		90. % DE CHANCE	ENTRE 5.72 ANS	ET 6.45 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.21 %	ET20.05 %		95. % DE CHANCE	ENTRE 5.65 ANS	ET 6.52 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.29 %	ET20.96 %		99. % DE CHANCE	ENTRE 5.52 ANS	ET 6.66 ANS

Dépendances variables: 100 % temporelle: 25 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.9782	6.0985
E.Q.M.	1.2182	0.1914

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.95 %	ET18.00 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.94 ANS	ET 6.26 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.42 %	ET18.54 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.85 ANS	ET 6.34 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.97 %	ET18.98 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.78 ANS	ET 6.41 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.59 %	ET19.37 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.72 ANS	ET 6.47 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.84 %	ET20.12 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.61 ANS	ET 6.59 ANS

Dépendances variables : 10 % temporelle : 50 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.9202	6.1139
E.Q.M.	1.2491	0.1942

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.85 %	ET17.99 %		60. % DE CHANCE	ENTRE 5.95 ANS	ET 6.28 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.29 %	ET18.55 %		80. % DE CHANCE	ENTRE 5.86 ANS	ET 6.36 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.83 %	ET19.01 %		90. % DE CHANCE	ENTRE 5.79 ANS	ET 6.43 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.43 %	ET19.41 %		95. % DE CHANCE	ENTRE 5.73 ANS	ET 6.49 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.65 %	ET20.19 %		99. % DE CHANCE	ENTRE 5.61 ANS	ET 6.61 ANS

Dépendances variables : 30 % temporelle : 50 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.9804	6.1094
E.Q.M.	1.5575	0.2263

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.67 %	ET18.29 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.92 ANS	ET 6.30 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 14.98 %	ET18.98 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.82 ANS	ET 6.40 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.42 %	ET19.54 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.74 ANS	ET 6.48 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 13.93 %	ET20.03 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.67 ANS	ET 6.55 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 12.97 %	ET20.99 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.53 ANS	ET 6.69 ANS

Dépendances variables: 50 % temporelle: 50 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16,9215	6,0919
E.Q.M.	1,3480	0,2073

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD	
60. % DE CHANCE	ENTRE 15,79 %	ET18,06 %	ENTRE 5,92 ANS	ET 6,27 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15,19 %	ET18,65 %	ENTRE 5,83 ANS	ET 6,36 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14,70 %	ET19,14 %	ENTRE 5,75 ANS	ET 6,43 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14,28 %	ET19,56 %	ENTRE 5,69 ANS	ET 6,50 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13,45 %	ET20,39 %	ENTRE 5,56 ANS	ET 6,63 ANS

Dipendances variables: 70 % temporelle : 50 %.

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.0047	6.0946
E.Q.M.	1.3586	0.2094

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.86 %	ET 18.15 %		60. % DE CHANCE	ENTRE 5.92 ANS	ET 6.27 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.26 %	ET 18.75 %		80. % DE CHANCE	ENTRE 5.83 ANS	ET 6.36 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.77 %	ET 19.24 %		90. % DE CHANCE	ENTRE 5.75 ANS	ET 6.44 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.34 %	ET 19.67 %		95. % DE CHANCE	ENTRE 5.68 ANS	ET 6.51 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.51 %	ET 20.50 %		99. % DE CHANCE	ENTRE 5.56 ANS	ET 6.63 ANS

Dépendances variables: 90 % temporelle: 50 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.9475	6.1062
E.T.M.	1.3459	0.2049

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.81 %	ET18.08 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.93 ANS	ET 6.26 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.22 %	ET18.67 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.84 ANS	ET 6.37 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.73 %	ET19.16 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.77 ANS	ET 6.44 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.31 %	ET19.59 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.71 ANS	ET 6.51 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.48 %	ET20.41 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.58 ANS	ET 6.63 ANS

Dépendances variables : 100 % temporelle : 50 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.0403	6.0888
E.Q.M.	1.2228	0.1775

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 16.01 %	ET18.07 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.94 ANS	ET 6.24 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.47 %	ET18.61 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.86 ANS	ET 6.32 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 15.03 %	ET19.05 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.80 ANS	ET 6.38 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.64 %	ET19.44 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.74 ANS	ET 6.44 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.89 %	ET20.19 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.63 ANS	ET 6.55 ANS

Dépendances variables: 10% temporelle: 75%

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.6967	6.1380
E.Q.M.	1.1556	0.1701

NOMBRE D'ITERATIONS 100

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD	
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.73 %	ET17.67 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.99 ANS	ET 6.26 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.27 %	ET18.18 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.92 ANS	ET 6.36 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.80 %	ET18.60 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.86 ANS	ET 6.42 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.44 %	ET18.96 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.80 ANS	ET 6.47 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.73 %	ET19.67 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.70 ANS	ET 6.58 ANS

Dépendances variables : 30 % temporelle : 75 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16,9429	6,1034
E.Q.M.	1,1365	0,1711

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15,99 %	ET 17,90 %		60. % DE CHANCE	ENTRE 5,96 ANS	ET 6,25 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15,49 %	ET 18,40 %		80. % DE CHANCE	ENTRE 5,88 ANS	ET 6,32 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 15,07 %	ET 18,81 %		90. % DE CHANCE	ENTRE 5,82 ANS	ET 6,38 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14,72 %	ET 19,17 %		95. % DE CHANCE	ENTRE 5,77 ANS	ET 6,44 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 14,02 %	ET 19,87 %		99. % DE CHANCE	ENTRE 5,66 ANS	ET 6,54 ANS

Dépendances : variables : 50 % temporelle : 75 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.1232	6.0814
E.C.M.	1.3655	0.2043

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.97 %	ET 18.27 %		60. % DE CHANCE	ENTRE 5.91 ANS	ET 6.25 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.37 %	ET 18.87 %		80. % DE CHANCE	ENTRE 5.82 ANS	ET 6.34 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.88 %	ET 19.37 %		90. % DE CHANCE	ENTRE 5.75 ANS	ET 6.42 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.45 %	ET 19.80 %		95. % DE CHANCE	ENTRE 5.68 ANS	ET 6.48 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.61 %	ET 20.64 %		99. % DE CHANCE	ENTRE 5.56 ANS	ET 6.61 ANS

Dépendances variables : 70 % temporelle : 75 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.9969	6.0949
E.Q.M.	1.2100	0.1788

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD	
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.98 %	ET18.02 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.94 ANS	ET 6.25 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.45 %	ET18.55 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.87 ANS	ET 6.32 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 15.01 %	ET18.99 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.80 ANS	ET 6.39 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.63 %	ET19.37 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.74 ANS	ET 6.45 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.88 %	ET20.11 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.63 ANS	ET 6.56 ANS

Dépendances variables: 90 % temporelle: 75 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.9147	6.1117
E.Q.M.	1.1800	0.1679

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.92 %	ET17.91 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.97 ANS	ET 6.25 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.40 %	ET18.43 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.90 ANS	ET 6.33 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.97 %	ET18.86 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.84 ANS	ET 6.39 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.60 %	ET19.23 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.78 ANS	ET 6.44 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.88 %	ET19.95 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.68 ANS	ET 6.54 ANS

Dépendance variables: 100 %. transporter: 75%

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.1475	6.0756
E.U.S.	1.1919	0.1821

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 16.14 %	ET18.15 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.92 ANS	ET 6.23 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.62 %	ET18.68 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.84 ANS	ET 6.31 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 15.19 %	ET19.11 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.78 ANS	ET 6.38 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.81 %	ET19.48 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.72 ANS	ET 6.43 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 14.08 %	ET20.22 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.61 ANS	ET 6.54 ANS

Dépendances variables: 10 % temporelle: 90 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.9851	6.0935
E.Q.M.	1.2344	0.1998

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD	
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.94 %	ET18.02 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.93 ANS ET 6.26 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.40 %	ET18.57 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.84 ANS ET 6.35 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.95 %	ET19.01 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.77 ANS ET 6.42 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.56 %	ET19.40 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.70 ANS ET 6.49 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.80 %	ET20.16 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.58 ANS ET 6.61 ANS

Dépendances variables: 30 % temporelle: 70 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.1394	6.0776
E.Q.M.	1.4153	0.2143

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.95 %	ET18.33 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.90 ANS	ET 6.26 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.33 %	ET18.95 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.80 ANS	ET 6.35 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.81 %	ET19.47 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.73 ANS	ET 6.43 ANS
95. % DE CHANCE.	ENTRE 14.37 %	ET19.91 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.66 ANS	ET 6.50 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.49 %	ET20.78 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.53 ANS	ET 6.63 ANS

Dépendances variables: 50 % temporelle: 90 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.0413	6.0861
E.Q.M.	1.3679	0.2181

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.89 %	ET18.19 %		60. % DE CHANCE	ENTRE 5.90 ANS	ET 6.27 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.29 %	ET18.79 %		80. % DE CHANCE	ENTRE 5.81 ANS	ET 6.37 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.79 %	ET19.29 %		90. % DE CHANCE	ENTRE 5.73 ANS	ET 6.44 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.36 %	ET19.72 %		95. % DE CHANCE	ENTRE 5.66 ANS	ET 6.51 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.52 %	ET20.56 %		99. % DE CHANCE	ENTRE 5.52 ANS	ET 6.65 ANS

Dipendance variables : 70 % temporelle : 90 %.

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	16.9329	6.1063
E.Q.M.	1.3563	0.1977

NOMBRE D'ITERATIONS 300

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN			PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.70 %	ET 18.97 %		60. % DE CHANCE	ENTRE 5.94 ANS	ET 6.27 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.19 %	ET 18.67 %		80. % DE CHANCE	ENTRE 5.85 ANS	ET 6.36 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.70 %	ET 19.16 %		90. % DE CHANCE	ENTRE 5.78 ANS	ET 6.43 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.27 %	ET 19.59 %		95. % DE CHANCE	ENTRE 5.72 ANS	ET 6.49 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.44 %	ET 20.43 %		99. % DE CHANCE	ENTRE 5.60 ANS	ET 6.61 ANS

Dépendances variables : 90 % temporelle : 90 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.0430	6.0925
E.S.M.	1.4484	0.2278

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD	
60. % DE CHANCE	ENTRE 15.82 %	ET18.26 %	60. % DE CHANCE	ENTRE 5.90 ANS ET 6.28 ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 15.19 %	ET18.90 %	80. % DE CHANCE	ENTRE 5.80 ANS ET 6.38 ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 14.66 %	ET19.43 %	90. % DE CHANCE	ENTRE 5.72 ANS ET 6.47 ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 14.20 %	ET19.88 %	95. % DE CHANCE	ENTRE 5.65 ANS ET 6.54 ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 13.31 %	ET20.77 %	99. % DE CHANCE	ENTRE 5.51 ANS ET 6.68 ANS

Dépendances variables: 100 % temporelle: 90 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.4866	??????????????
E.Q.M.	6.1079	0.8530

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 12.34 %	ET22.63 %	60. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 9.66 %	ET25.31 %	80. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 7.44 %	ET27.53 %	90. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 5.57 %	ET29.40 %	95. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 1.76 %	ET33.21 %	99. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS

Dépendances variables : 10% temporelle : 100%

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.4866	????????????????
E.Q.M.	6.1079	0.8530

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD	
60. % DE CHANCE	ENTRE 12.34 %	ET22.63 %	60. % DE CHANCE	ENTRE??????? ANS ET????? ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 9.66 %	ET25.31 %	80. % DE CHANCE	ENTRE??????? ANS ET????? ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 7.44 %	ET27.53 %	90. % DE CHANCE	ENTRE??????? ANS ET????? ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 5.52 %	ET29.46 %	95. % DE CHANCE	ENTRE??????? ANS ET????? ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 1.76 %	ET33.21 %	99. % DE CHANCE	ENTRE??????? ANS ET????? ANS

Dépendances variables : 30 % temporelle: 100 %

RESULTATS LE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.4866	????????????????
E.Q.M.	6.1079	0.8530

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 12.34 %	ET22.63 %	60. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 9.66 %	ET25.31 %	80. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 7.44 %	ET27.53 %	90. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 5.52 %	ET29.46 %	95. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 1.76 %	ET33.21 %	99. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS

Dépendances variables : 50 % temporelle : 100 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.4866	??????????????
E.Q.M.	6.1079	0.8530

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD	
60. % DE CHANCE	ENTRE 12.34 %	ET22.63 %	60. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS ET????? ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 9.66 %	ET25.31 %	80. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS ET????? ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 7.44 %	ET27.53 %	90. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS ET????? ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 5.52 %	ET29.44 %	95. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS ET????? ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 1.76 %	ET33.21 %	99. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS ET????? ANS

Dépendances variables: 70% temporelle: 100%

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.4866	????????????????
E.Q.M.	6.1079	0.8530

NOMBRE D'ITERATIONS 200

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD		
60. % DE CHANCE	ENTRE 12.34 %	ET22.63 %	60. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 9.66 %	ET25.31 %	80. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 7.44 %	ET27.53 %	90. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 5.52 %	ET29.46 %	95. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 1.76 %	ET33.21 %	99. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS	ET????? ANS

dépendances variables: 90 % temporelle: 100 %

RESULTATS DE LA SIMULATION

	RATE OF RETURN	PAY BACK PERIOD
MOYENNE DE LA DISTRIBUTION	17.0726	????????????????
E.Q.M.	5.8548	0.8510

NOMBRE D'ITERATIONS 300

EN ASSUMANT QUE LA LOI DE DISTRIBUTION EST NORMALE VOUS OBTENEZ

	RATE OF RETURN		PAY BACK PERIOD	
60. % DE CHANCE	ENTRE 12.14 %	ET22.00 %	60. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS ET????? ANS
80. % DE CHANCE	ENTRE 9.57 %	ET24.58 %	80. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS ET????? ANS
90. % DE CHANCE	ENTRE 7.44 %	ET26.70 %	90. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS ET????? ANS
95. % DE CHANCE	ENTRE 5.60 %	ET28.55 %	95. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS ET????? ANS
99. % DE CHANCE	ENTRE 2.00 %	ET32.15 %	99. % DE CHANCE	ENTRE?????? ANS ET????? ANS

Dépendances variables 100 % temporelle: 100 %

TABLE DES MATIERES

I N T R O D U C T I O N 1

But de l'étude 1
Les moyens utilisés 2
Limites de l'étude 4

CHAPITRE I
DE L'ENVIRONNEMENT AU SOUS-SYSTEME DES INVESTISSEMENTS 7

1. La notion de système 7
2. L'entreprise et son environnement 9
3. Le système entreprise 10
4. Le sous-système des investissements 13

CHAPITRE II
LES INDICATEURS DE LA RENTABILITE DES INVESTISSEMENTS 17

1. Le taux de rendement interne 18
2. La période de recouvrement 21
3. La valeur actualisée nette 25
4. Récapitulatif et comparaison des indicateurs 27
5. Les indicateurs retenus et leur complémentarité 28

CHAPITRE III
LA PREVISION DU FUTUR ET LE RISQUE 32

1. Le compte de Pertes & Profits prévisionnel . 32
2. Les prévisions et leur durée 34
3. Les méthodes de prévision 35
4. Choix économique d'une prévision 44
5. Prévisions et incertitudes 45

CHAPITRE IV

SIMULATION ET MODELE DE RISQUE 48

1. Définition 48
2. Nombres aléatoires, pseudo-aléatoires et méthodes de génération 51
3. Les lois de probabilité d'une variable 55
4. Application de la simulation aux évaluations d'investissements 60
5. La notion de risque et de sensibilité 63

CHAPITRE V

PROPOSITION D'UN MODELE SUR ORDINATEUR 67

1. Buts du modèle 67
2. Entrée des données 68
3. Commande des calculs et de la logique 69
4. Commande des impressions 72
5. Commande de la simulation 73
6. Exemple 74
7. Caractéristiques techniques 96

CHAPITRE VI

LE PROBLEME DES VARIABLES LIEES ENTRE ELLES 98

1. Fondement logique 99
2. Dépendance 101
3. Application 104
4. Interprétation économique et tentative d'explication mathématique 106

CHAPITRE VII

LE PROBLEME DE LA CONTINUITE DANS LE TEMPS 116

1. Fondement logique 116
2. Nature de la dépendance 117
3. Application 119
4. Interprétation économique et tentative d'explication mathématique 123

CHAPITRE VIII

CONJUGAISON DES DEPENDANCES TEMPORELLE ET INTER-VARIABLES 132

1. Principe 132
2. Application 133
3. Résultats observés sur le taux de rendement interne 134
4. Résultats observés sur la période de recouvrement 137
5. Conclusion 138

CHAPITRE IX

L'INFLATION ET LES INVESTISSEMENTS 140

1. Actualité du problème et influence sur les évaluations des investissements . . . 140
2. Deux raisonnements face à l'inflation 141
3. Répercussions de l'inflation sur les sources de financement 144
4. Inflation et taux de rendement interne 146
5. Conclusion 147

CHAPITRE X
PROCESSUS DE CHOIX DES INVESTISSEMENTS 148

1. Désirabilité 150
2. Etude préliminaire de faisabilité 152
3. Collecte des informations de détail 153
4. Calculs de rentabilité 154
5. La décision 157

CONCLUSION 159

BIBLIOGRAPHIE 162

ANNEXE A : ANALYSE DE SENSIBILITE 164

ANNEXE B : - CONVERGENCE DE LA MOYENNE ET DU SIGMA EN FONCTION DU NOMBRE DE RUNS 184
- LINEARITE ENTRE VARIANCE DU RESULTAT ET VARIANCE DES RUBRIQUES DE BASE 190

ANNEXE C : DEPENDANCE INTER-VARIABLE NULLE, DEPENDANCE TEMPORELLE DE 0.10 A 1.00 . . 193

ANNEXE D : DEPENDANCE TEMPORELLE NULLE, DEPENDANCE INTER-VARIABLES DE 0.10 A 1.00 203

ANNEXE E : DEPENDANCE TEMPORELLE DE 0.10 A 1.00, DEPENDANCE INTER-VARIABLES DE 0.10 A 1.00 210

TABLE DES MATIERES 247